Aus dem Institut für Arbeitsmedizin
der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. phil. Jansen
und dem
Fachbereich Arbeitsmedizin im TÜV Rheinland
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Haas

Ergebnisse der automatischen EKG-Auswertung nach dem IBM-EKG-Auswertungsprogramm von Dr. R. Bonner (Version 2) bei Reihenuntersuchungen in der Arbeitsmedizin

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin.

Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Dirk Wenzel

1984

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin
der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. phil. Jansen
und dem
Fachbereich Arbeitsmedizin im TÜV Rheinland
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Haas

Ergebnisse der automatischen EKG-Auswertung nach dem IBM-EKG-Auswertungsprogramm von Dr. R. Bonner (Version 2) bei Reihenuntersuchungen in der Arbeitsmedizin

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin.

Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Dirk Wenzel

1984

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf
gez.: Prof. Dr. Hopf

Referent
gez.: Prof. Dr. Haas

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Jansen

Für die Vermittlung dieser Arbeit danke ich
Herrn Prof. Dr. Dr. Jansen.
Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. Haas
für die freundliche Überlassung des Themas
und die wohlwollende Unterstützung, die er
mir bei der Durchführung dieser Untersuchung
gewährte.
Mein Dank gilt den Mitarbeitern der Abteilung
für Datenverarbeitung des Technischen Über-
wachungs-Vereins Rheinland für die Unterstützung
bei der Erstellung der Computerprogramme.

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung

II. Allgemeiner Teil

1. Historischer Rückblick auf die Entwicklung der Elektrokardiographie

2. Einführung automatisierter Auswertverfahren in die Elektrokardiographie

3. Auswirkungen der automatischen EKG-Analyse auf die kardiologische Diagnostik

4. Bedeutung der automatischen EKG-Analyse für die Arbeitsmedizin

5. Die diagnostische Leistungsfähigkeit der Computerprogramme und die Schwierigkeit ihrer Berücksichtigung

5.1 Genauigkeit der ärztlichen Befundung

5.2 Anforderungen an die Prüfungskriterien zur Festlegung der Leistungsfähigkeit von Programmen

5.3 Beurteilung der Leistungsfähigkeit der automatischen EKG-Analyse unter Berücksichtigung verschiedener Literaturangaben

5.4 Leistungsfähigkeit des IBM-Auswertungsprogramms nach Dr. R. Bonner (Version 2)

6. Stand der Anwendung der computergestützten EKG-Auswertung

III. Spezieller Teil

1. Aufgabenkonstellation des TÜV Rheinland in der Arbeitsmedizin

2. Methodik
2.1 Systemablauf der automatischen EKG-Analyse beim TÜV
2.2 IBM-EKG-Auswertungsprogramm nach Dr. Bonner (Version 2)
2.3 Zusammensetzung der arbeitsmedizinisch untersuchten Probanden des TÜV Rheinland nach Tätigkeitsbereichen und Anlaß der computergestützten EKG-Untersuchung
2.4 Auswertung

3. Ergebnisse
3.1 Größenmäßige Verteilung der Diagnosehinweise in Prozentbereiche
3.2 Diagnosehinweise zum normalen EKG
3.3 Abnormes EKG
3.3.1 Abnorme Befunde des Vorhofteils
3.3.2 Ventrikuläre Leitungsstörungen
3.3.2.1 Linksschenkelblock (LSB)
3.3.2.2 Unifaszikulärer und inkompletter Rechtsschenkelblock (RSB)
3.3.2.3 Intraventrikuläre Leitungsstörungen
3.3.3 Abnorme Befunde des ST-T-Abschnittes
3.3.4 Herzachsenabweichungen
3.3.5 Kammerhypertrophien
3.3.6 Myokardinfarkte

3.3.7 Das EKG bei Rhythmusstörungen
3.3.7.1 Sinustachykardie
3.3.7.2 Sinusbradykardie
3.3.7.3 Sinusarrhythmie
3.3.7.4 Supraventrikuläre Extrasystolen
3.3.7.5 Ventrikuläre Extrasystolen
3.3.7.6 AV-Block 1. Grades

IV. Diskussion

V. Zusammenfassung

VI. Literaturangaben

I. Einleitung

Herz-Kreislauferkrankungen stellen die häufigste Todesursache für die heutige Bevölkerung der Industrienationen dar. Allein im erwerbstätigen Alter von 25-65 Jahren starben 1977 über 18.000 Menschen an einer ischämischen Herzkrankheit (40). Mit 35 % sind die Herz-Kreislauferkrankungen auch häufigste Ursache der Frühinvalidität (42).
Diese hohen Morbiditäts- und Mortalitätsziffern der berufstätigen Bevölkerung machen es zu einer wichtigen Aufgabe der Arbeitsmedizin, die Herz-Kreislaufgefährdeten oder bereits erkrankten Arbeitnehmer frühzeitig zu erkennen (36).
Hier gilt es im Interesse der Gesundheit des einzelnen,die drohende oder bereits manifeste Erkrankung anzugehen. Andererseits ist es erforderlich, Gefahrenmomente in der Arbeitswelt, ausgehend von diesen Menschen sowie die aus der manifesten Krankheit entstehenden Kosten zu reduzieren und zu vermeiden.
Die Elektrokardiographie als nicht invasives Verfahren läßt wichtige Erkenntnisse über den Zustand des Herzens gewinnen und ist heute fester Bestandteil aller kardiologischen Untersuchungen.
Dabei haben sich die automatischen EKG-Auswertverfahren zu einer präzisen und kostengünstigen Alternative zur bisherigen manuellen Befundung entwickelt.
Zur sicheren und rationellen Vorbeugung und Erkennung von Herzerkrankungen greift der TÜV Rheinland im Rahmen seiner arbeitsmedizinischen Untersuchungen seit dem 1.1.1979 auf die automatische EKG-Analyse zurück.Die EKG-Auswertung findet dabei einheitlich für alle 14 angeschlossenen Arbeitsmedizinischen Zentren auf der Basis des IBM-Progamms nach Dr. R. Bonner (Version 2) statt.Bis zum 30.9.1982 wurden 33.867 EKGs von männlichen Arbeitnehmern ausgewertet.
Dieses EKG-Volumen wird bisher von keiner anderen Großstu-

die in der Arbeitsmedizin erreicht.
Ziel dieser Arbeit ist es, die große Zahl der Einzel-EKGs von routinemäßig untersuchten Arbeitnehmern unter dem Aspekt von Massenphänomenen aufzuarbeiten.
Es soll zunächst dargestellt werden, welche kardiologischen Befunde und Diagnosehinweise bei einem in der Arbeitsmedizin durchgeführten EKG-Screening nachzuweisen sind.Gleichzeitig soll die Korrelation zwischen Häufigkeit und altersmäßiger Verteilung der EKG-Befunde untersucht werden.

II. Allgemeiner Teil

1. Historischer Rückblick auf die Entwicklung der Elektrokardiographie

Die klinische Elektrokardiographie besteht in der instrumentellen Registrierung der vom Herzen ausgehenden Aktionsströme und in ihrer Deutung und Bewertung.
Sowohl zum medizinisch-technischen Aspekt der Registrierung der elektrischen Ströme als auch zur Diskussion und Interpretation der elektrischen Phänomene des Herzens wurde bis heute eine Vielzahl von Schriften und Studien veröffentlicht.
Dabei haben Wissenschaftler verschiedener Disziplinen wie Physiker, Mathematiker, Ingenieure, Physiologen und klinisch tätige Ärzte die Elektrokardiographie aus ihrer Sicht unterstützt und vorangetrieben.
Bei allen interdisziplinären Bemühungen ist die Konstruktion des Saitengalvanometers (1901) durch den holländischen Physiker und Physiologen Willem Einthoven (1860-1927) als die entscheidende Grundlage für die heutige Elektrokardiographie hervorzuheben (16).
Neben dem Elektrokardiographen erstellte Einthoven die Grundlagen in der EKG-Diagnostik und Interpretation zum großen Teil selber. Dies führte zur schnellen klinischen Ausbreitung und ist mitentscheidend dafür, daß das EKG heute seinen festen Platz bei jeder kardiologischen Fragestellung einnimmt.
Einthovens grundlegende Erfindungen und Studien in die neue diagnostische Methode der Elektrokardiographie wurden 1924 mit dem Nobelpreis der Medizin ausgezeichnet.
Einzelne Meilensteine der Elektrokardiographie seien im folgenden kurz zusammengestellt (16,22):

1787 Galvani weist den Zusammenhang zwischen Froschschenkelkontraktionen und elektrischer Erregung nach

1842 Matteucci entdeckt die elektromotorische Wirkung der Herzmuskulatur an Tauben

1856 Kölliker und Müller weisen erstmals Aktionsströme am Froschherzen nach

1872 Lippmann konstruiert den Kapillarelektrometer

1876 Marey zeichnet elektrische Phänomene bei der Systole des Froschherzens mit dem Lippmannschen Kapillarelektrometer auf

1877 Waller gelingt mit Hilfe des Kapillarelektrometers die erste EKG-Ableitung vom Menschen

1903 Einthoven schafft mit der Konstruktion des Saitengalvanometers das klassische EKG-Gerät

1906 Einthoven veröffentlicht die Artikel "Le Telecardiogramme" und "Weiteres über das Elektrokardiogramm" mit ersten EKG-diagnostischen Kriterien

1914 Hoffmann publiziert das erste Handbuch der Elektrokardiographie

1920 Pardee beschreibt Infarkt-EKGs

1930 Wilson entwickelt unipolare Brustwandableitungen

1938 Duchosal und Sulzer beschreiben die Vektorkardiographie

1947 Goldberger veröffentlicht die Grundlagen der unipolaren Extremitätenableitung

2. Einführung automatisierter Auswertverfahren in die Elektrokardiographie

Unter den Möglichkeiten der elektrischen Datenverarbeitung in der Medizin gilt die Biosignalverarbeitung als besonders aussichtsreich (26).
Das Elektrokardiogramm bietet sich von allen vergleichbaren Biosignalen am ehesten für die automatische Auswertung an, weil darin periodisch in der Minute wiederkehrende Spannungswerte zu bestimmten Zeitabschnitten des Herzzyklus auftreten. Auf Grund dieser Periodizität kann relativ leicht über mehrere aufeinanderfolgende analoge Zyklen ein Mittelungs- und Vermessungsprozeß durchgeführt werden (26).
So gehören auch die Versuche zur Computeranalyse von Elektrokardiogrammen zu den ersten Arbeiten auf dem Gebiet der medizinischen Datenverarbeitung.
Die beiden wesentlichen Vorteile des Computers, Schnelligkeit und Reproduzierbarkeit, setzen voraus, daß verläßliche Daten eingegeben werden und entsprechende Verarbeitungs- und Entscheidungsprogramme vorliegen. Besonders die Erstellung solcher Verarbeitungsprogramme hat bei der Vielzahl möglicher EKG-Bilder besondere Schwierigkeiten bereitet.
Einer der Pioniere der automatischen EKG-Analyse war Hubert Pipberger (Washington Veterans Hospital). Pipberger führte 1958 den Analog-Digital-Umwandler in die EKG-Signalverarbeitung ein, wodurch die Erfassung der EKG-Spannungspotentiale in für den Computer leichter zu verarbeitende Digitalwerte gelang (33). Auf der Basis dieser grundlegenden computertechnischen Innovation lieferte Pipberger 1961 sein erstes Computerprogramm (31,39), wobei die EKG-Signale nach den korrigierten Ableitungen nach Frank registriert wurden.
Im gleichen Zeitraum (1959-1965) erstellte Cesar Caceres (unterstützt vom Public Health Service) ein Programm (5,41), welches sich vom Pipberger Programm unter anderem durch die Wahl der 12 konventionellen Ableitungen unterschied.

Von den grundlegenden Erkenntnissen der Wellenerkennung der Programme von Pipberger und Caceres leiteten in den folgenden Jahren verschiedene Arbeitsgruppen neue Programme ab.
Heute wird im allgemeinen die automatische EKG-Analyse mit einer 3-kanaligen Aufzeichnung von etwa 2,5 bis 6 Sekunden durchgeführt (14).
Zur Auswertung werden überwiegend die 12 konventionellen Ableitungen herangezogen;die orthogonalen Ableitungen nach Frank sind weniger gebräuchlich. Dabei wird die Analog-Digital-Umwandlung üblicherweise bereits während der EKG-Registrierung vorgenommen. Bei der Analog-Digital-Umwandlung hat sich ein Auflösungsvermögen von 8-11 bit sowie eine Abtastrate von 250-500 pro Sekunde durchgesetzt (14).
Bislang werden die digitalisierten EKG-Signale überwiegend telefonisch an ein räumlich entferntes Auswertungszentrum überspielt, wo die automatische Analyse durch ein entsprechendes Programm stattfindet. In der Regel liegt dem Arzt bei diesem Verfahren innerhalb weniger Minuten der vom Analysezentrum telefonisch übertragene Diagnoseausdruck vor.
Bei den modernen Registriergeräten ist die technische Entwicklung so weit ausgereift, daß EKGs verschiedener Bearbeitungsstufen (Registrierung der Signale, Übertragung ins Auswertungszentrum, Ausdruck der Befundberichte) parallel ausgewertet werden können (Multi-Task-Performance).
Die Auswertungszentren bieten die Möglichkeit der Speicherung der EKG-Signale und Befunde, so daß ein Rückgriff zur vergleichenden EKG-Analyse bei einem Patienten möglich ist (22). Auch der Service des EKG-Overreading durch einen erfahrenen Arzt ist an ein überregionales Zentrum gebunden.
Als Vorteil eines Auswertungszentrums ergibt sich weiterhin, daß erst die EDV-Speicherung der EKGs größere epidemiologische Erhebungen im Bereich der automatischen EKG-Analyse möglich macht (28).
Neben der statistischen Aufarbeitung von elektrokardiographischen Fragestellungen wird durch die EDV-Speicherung die Erstellung von Fehlerlisten ermöglicht, wodurch z.B. das

Fehlen von Eingabedaten wie Probandennummer, Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht etc. nachgewiesen werden kann.
Das Vertauschen von Armelektroden wird im Rahmen der Fehlerliste ebenfalls registriert. Die Fehlerliste ermöglicht eine Kontrolle für die sorgfältige Vorbereitung im Vorfeld der EKG-Registrierung. Häufige Fehlerquellen können quantitativ nachgewiesen und kausal angegangen werden. Beim TÜV Rheinland wurde bespielsweise die Fehlerrate bei den Eingabedaten zur automatischen EKG-Analyse innerhalb von 5 Jahren von über 25 % bis auf unter 1 % gesenkt.
Alternativ zur Auswertung der EKGs in räumlich entfernten Zentren bietet sich heute die sogenannte stand-alone-Version an.Hier befindet sich im EKG-Gerät das Auswertungsprogramm auf Mikroprozessoren, die die Registrierung und Auswertung an einem Ort ermöglichen.
Als Nachteil erweisen sich beim stand-alone-Verfahren die fehlenden Speicherkapazitäten für EKG-Signale,die EDV-gestützte Verlaufskontrollen von EKGs sowie epidemiologische Untersuchungen an größeren Probandengruppen unmöglich machen. Es zeigt sich,daß die stand-alone-Verfahren nur begrenzte Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis bieten.

3. Auswirkungen der automatischen EKG-Analyse auf die kardiologische Diagnostik

Die Entwicklung der automatischen EKG-Analyse fällt in eine Epoche,in der die Herz- Kreislauferkrankungen zur häufigsten Todesursache und häufigsten Ursache für Frühinvalidität aufgestiegen sind.
Die daraus immer häufiger resultierende Frage nach dem kardiologischen Zustand eines Patienten hat die Zahl der abgeleiteten EKGs in den letzten Jahren derartig ansteigen lassen,daß sich die schnelle und zuverlässige Befundung schon heute oftmals als personelles und organisatorisches Problem abzeichnet.
Auf diesem Hintergrund bieten sich die automatisierten Auswertverfahren nach mehr als 20-jähriger Entwicklung als Alternative zur manuellen Befundung an.
Durch die Automatisierung ist das EKG nicht mehr nur eine hochsensible,diagnostische Waffe in der Hand besonders EKG-geschulter Ärzte.Vielmehr ermöglicht der Computer allen Ärzten,sich rasch und ohne aufwendige Begutachtung durch andere über die kardiologische Situation eines Patienten zu informieren (14).
Die automatische EKG-Analyse ermöglicht eine gleichmäßige Etablierung der Elektrokardiographie in den verschiedenen medizinischen Fachrichtungen. Für den Patienten resultiert daraus eine verbesserte kardiologische Versorgung.
Gleichzeitig hat die Erstellung der EKG-Programme einen wichtigen Impuls zur Präzisierung,Definierung und Weiterentwicklung der EKG-Kriterien und Parameter ausgelöst (33). Das Bemühen um quantifizierbare EKG-Kriterien in der Computerdiagnostik hat zur Standardisierung und Erhärtung der visuellen Diagnostik beigetragen.
Mit der Anwendung automatisierter EKG-Auswertung geht zudem eine deutliche Verringerung des Arbeits- und Zeitaufwandes einher, welche sowohl dem EKG-Experten als auch dem in der Auswertung weniger Geschulten zugute kommt (23).

Der Computer vollzieht zeitraubende Vermessungen und Auswertungen,für die der Arzt bei gründlichem Vorgehen mehrere Minuten braucht, in Sekundenschnelle. Er erspart dem Arzt zusätzlich das Diktieren der Befunde.
Die Aufgabe des Arztes verlagert sich dahingehend, daß er die Befunde überprüfen und bestätigen muß (28). Ihm wird der zeitraubende Vorgang, durch vielfaches Vermessen und Befunden unter einer Vielzahl von möglichen Diagnosen zur richtigen gelangen zu müssen, weitgehend erleichtert.
Durch die automatische EKG-Analyse kann der Arzt bei vermindertem Arbeits- und Kostenaufwand mehr Patienten auf Herzerkrankungen hin untersuchen als dies mit den konventionellen Auswertungsmethoden möglich ist (32).

4. Bedeutung der automatischen EKG-Analyse für die Arbeitsmedizin

In der Arbeitsmedizin nimmt die kardiologische Fragestellung durch das wachsende Ausmaß der Herz- Kreislauferkrankungen bei der arbeitenden Bevölkerung einen breiten Raum ein. Dabei steht die Elektrokardiographie zur Beurteilung des kardiologischen Status an erster Stelle.
Tabelle 1 gibt zur Verdeutlichung des großen EKG-Aufkommens in der Arbeitsmedizin die entsprechenden Zahlen der Arbeitsmedizinischen Zentren des TÜV Rheinland für den Zeitraum 1979 bis 1982 wieder:

	1979	1980	1981	1982
männlich	2.473	8.600	12.573	18.929
weiblich	314	676	908	1.646

Tab. 1 EKG-Aufkommen beim TÜV Rheinland von 1979 bis 1982

Solche in Zukunft noch weiter anwachsenden Zahlen sind praktisch nur noch mit Hilfe des Computers zu bewältigen, oder -wie Caceres es ausdrückt- die EKG-Interpretation durch den Computer ist notwendig,"to get the job done",um die gestellte Arbeit bewältigen zu können.
Untersuchungen von Little (23) konnten nachweisen,daß die Zeitersparnis der automatisierten Auswertverfahren bei 50% bis 75% pro EKG gegenüber der visuellen Diagnostik anzusetzen ist. Diese eingesparte Bearbeitungsdauer multipliziert sich in der Arbeitsmedizin besonders,da hier im Rahmen der Screening-Untersuchungen ständig ein großes EKG-Volumen anfällt.

Dabei führen auf Grund der verminderten ärztlichen Bearbeitungsdauer schon wenige automatisch ausgewertete EKGs am Tag zur Kostenreduzierung gegenüber der rein visuellen Beurteilung (23).
Neben diesen zeit- und kostensparenden Aspekten wird die Anwendbarkeit der automatischen EKG-Analyse in der Arbeitsmedizin vereinfacht durch die Untersuchung überwiegend herzgesunder Personengruppen.
Bei diesen Routinekontrollen ohne gezielte kardiologische Fragestellung kommt es primär darauf an,zwischen normalen und pathologischen Befunden zu differenzieren.Dabei muß die Zahl der falsch negativen Diagnosen (übersehene pathologische Befunde) auf ein Minimum reduziert sein,während falsch positive Diagnosen in begrenztem Maße hingenommen werden können (28).
Diese grundsätzlichen Anforderungen erfüllen einige der modernen Programme mit sehr großer Zuverlässigkeit (3).
Die Wahrscheinlichkeit,daß ein pathologisches EKG als Normalbefund eingeordnet wird,wird von einigen Autoren (33,35) als kleiner angesehen als die nicht zu vernachlässigende Gefahr einer fehlerhaften Beurteilung von EKGs durch einen Arzt.
Auch schwierig zu beurteilende pathologische EKGs ordnet der Computer zu einer mit der ärztlichen Befundung vergleichbaren Genauigkeit ein.
Darüber hinaus bietet der Computer viele Vermessungen an,die dem Arzt bei seiner manuellen Befundung nicht zur Verfügung stehen (28).
Selbst erfahrene Kardiologen gaben bei einer Untersuchung von Little (23) an,daß sie die Befundung durch die Programme als eine wertvolle Unterstützung der Diagnostik empfinden,da der Computer konsequent auch auf geringfügige Veränderungen hinweist,mit deren Bedeutung sich der Arzt auseinandersetzen muß. Vielfach wurde die Meinung geäußert,daß man vor der Anwendung der automatischen EKG-Analyse häufig Veränderungen übersehen habe.
Die Anwendung der automatischen EKG-Analyse bietet sich in der Arbeitsmedizin auch deshalb an,weil nicht alle Ärzte zu-

sätzlich zu ihrer arbeitsmedizinischen Ausbildung umfassende kardiologische Kenntnisse besitzen können.
Arbeitsmediziner,welche den ganzen menschlichen Organismus überwachen,stammen auf Grund der weit gefächerten medizinischen Fragestellungen häufig aus verschiedenen Fachrichtungen (Chirurgie,Innere Medizin,Radiologie,Pädiatrie etc.) und bringen unterschiedliche kardiologische Erfahrungen mit (12).
Durch den automatisierten Auswertungsvorgang steht sowohl dem EKG-erfahrenen als auch dem weniger EKG-geschulten Arzt ein diagnostisches Hilfsmittel zur Verfügung,an dem er sich orientieren kann und welches in vielen Fällen eine vermehrte Sicherheit bei der Befundung gibt (9).
Rautaharju (33) bezeichnet die automatische Auswertung in diesem Zusammenhang als ein "most effective and attractive teaching-tool and a valueable asset for continuing education in everyday practice".
Gleichzeitig wird für den Arbeitsmediziner das routinemäßige Auswerten vor allem der vielen unauffälligen EKGs,welches zeitaufwendig und ermüdend ist,durch die Computerdiagnostik reduziert.Der Arzt kann sich vermehrt seiner eigentlichen arbeitsmedizinischen Aufgabenstellung zuwenden.Vom ökonomischen Standpunkt aus gesehen wird die Produktivität des Arztes durch die Automation gesteigert.

5. Die diagnostische Leistungsfähigkeit der Computerprogramme und die Schwierigkeit ihrer Berücksichtigung

Wesentliche Voraussetzung zur gerechten Beurteilung der Leistungsfähigkeit verschiedener EKG-Auswertungsprogramme ist die Prüfung der Zuverlässigkeit der jeweiligen Befundergebnisse.
Leider ist die Beurteilung auch heute noch oftmals schwierig, da objektive Prüfungskriterien zur Erfassung der Leistungsfähigkeit der Programme nur in beschränktem Maße vorliegen (27).

5.1 Genauigkeit der ärztlichen Prüfung

Vor einer Beurteilung der diagnostischen Leistungsfähigkeit von Computerprogrammen soll die Zuverlässigkeit der visuellen EKG-Diagnostik kurz angesprochen werden.
Hier zeigt sich,daß durch die geringe Konsistenz und Trennschärfe vieler Parameter verschiedene Ärzte vor allem in Grenzbereichen zu verschiedenen und oft falschen Diagnosen bei gleichen EKGs gelangen.
Die Arbeitsgruppe von Simonson (38) legte 10 Ärzten unabhängig voneinander Elektrokardiogramme und Vektorkardiogramme zur Befundung vor,wobei auf Grund von Herzkatheteruntersuchungen,Herzoperationen,Autopsien,eindeutigen klinischen Verläufen die jeweiligen Befunde objektiviert worden waren. Dabei ergab sich,daß bei einer Zusammensetzung von VKGs und EKGs verschiedenen Schwierigkeitsgrades nur durchschnittlich 49,2% der VKGs und 54,3% der EKGs von den Ärzten richtig befundet wurden (Tab.2). Eine Teilrichtigkeit wurde in 26,3% bzw. 27,6% erzielt. Bei 24,5% der Befundungen von VKGs und 18,1% von EKGs wurden fehlerhafte Ergebnisse ermittelt.

Diagnose	VKG	EKG
korrekt	49,2%	54,3%
teilweise korrekt	26,3%	27,6%
falsch	24,5%	18,1%

Tab.2 Genauigkeit ärztlicher Befundung von VKGs und EKGs (38)

Bei Vorliegen einer Kombination zweier kardiologischer Krankheitsbilder war die Diagnostik noch schlechter.
Den Ärzten wurden die gleichen EKGs später ohne ihr Wissen nochmals vorgelegt.
Hier zeigte sich,daß nur 73,2% der Fälle von ihnen gleich bewertet wurden und daß 26,8% der Fälle teilweise oder völlig anders gesehen wurden (intraindividuelle Abweichungen).
Die Untersuchungen von Simonson wurden mehrfach in den vergangenen Jahren bestätigt,unter anderem von Caceres (6) und Neufeld(30).
Die Fehlerrate zeigt überraschend deutlich die Grenzen der visuellen EKG-Diagnostik auf.Die zum Teil hohen Fehlerraten bei der ärztlichen Befundung müssen bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit automatisierter EKG-Auswertverfahren berücksichtigt werden.

5.2 Anforderungen an die Prüfungskriterien zur Festlegung der Leistungsfähigkeit von Programmen

Wichtig bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Programmen ist die Berücksichtigung des Probandenkollektivs in Hinsicht auf den Anteil der normalen Elektrokardiogramme und der pathologischen Fälle (26).
Es ist unbestritten,daß die automatische EKG-Auswertung ebenso wie die Auswertung durch den Arzt um so zuverlässiger ist,je höher der Anteil an normalen EKGs in der Probandengruppe ist. Nur die objektive Kenntnis der Verteilung der normalen und pathologischen EKGs läßt eine sinnvolle Beurteilung der statistischen Zahlendaten zu (33). In Anerkennung dieser Tatsachen wurde die Zusammensetzung der Probandenkollektive in vielen Untersuchungen der letzten Jahre zunehmend berücksichtigt.
Einige Autoren haben auch gezielt Patienten mit speziellen kardiologischen Krankheitsbildern mit der automatischen EKG-Analyse untersucht.
So existieren computergestützte EKG-Analysen an Patientenkollektiven mit durchgemachtem Infarkt (20),an Patienten mit akutem Infarkt (17),mit koronarographisch und klinisch gesichertem Myokardinfarkt (24) und an Patienten mit koronarer Herzkrankheit (29).Auch über Patienten mit Herzrhythmusstörungen sind verschiedene Arbeiten veröffentlicht worden. Dennoch sind auch hier die Untersuchungsbedingungen oftmals sehr verschieden,so daß hier detaillierte Ausführungen nicht sinnvoll erscheinen.
In dem Bemühen,eine objektive und nachvollziehbare Bewertung verschiedener Programme zu gewährleisten,wird seit Ende der 60-ziger Jahre vielfach so vorgegangen,den Computeroutput mit Diagnosen von manuell auswertenden Ärzten und diagnostischen Fakten aus EKG-unabhängigen Verfahren (Autopsie,Herzkatheteruntersuchungen etc.) gegenüberzustellen.

Durch die EKG-unabhängigen Befunde läßt sich bei Unstimmigkeiten differenzieren zwischen

1. Unterschieden in den zugrundeliegenden diagnostischen Parametern bei Arzt und Programm
2. Programmfehlern
3. Fehlern durch manuelle Auswertung.

Nur wenn vermehrt Programmfehler nachweisbar sind,ist der Wert des Programms als schlecht zu bewerten (2).
Eine weitere Objektivierung beinhaltet das Vorgehen,Vergleichsuntersuchungen verschiedener Programme und ihrer Leistungsfähigkeit durch EKG-Bibliotheken mit objektivierten Testelektrokardiogrammen durchzuführen (7,44).
Von einer solchen Testbibliothek wird gefordert,daß sie eine genügend große Zahl digitalisierter EKGs mit allen möglichen Anomalien enthält (26).
Dabei muß versucht werden,durch Außenkriterien wie Anamnese, Herzkatheteruntersuchungen, Koronarographie, Laborbefunden, Obduktionen etc. eine objektive Sicherung der Test-EKGs zu erreichen.
An Hand solcher standardisierter Eich- oder Normelektrokardiogramme können

a) die Güte verschiedener Programme systematisch und vergleichbar ermittelt werden und
b) Leitlinien für künftige Geräte- und Programmentwicklungen gewonnen werden.

Einer solchen Validierung sind jedoch nicht nur durch die dazu erforderlichen komplexen Untersuchungsverfahren Grenzen gesetzt,sondern auch durch die Tatsache,daß eine Reihe von EKG-Diagnosen wie Rhythmusstörungen nicht durch EKG-unabhängige Kriterien überprüft werden können,sondern durch den visuellen Vergleich allein (14).

5.3 Beurteilung der Leistungsfähigkeit der automatischen EKG-Analyse unter Berücksichtigung verschiedener Literaturangaben

Trotz der dargestellten Schwierigkeiten in der Beurteilung der Ergebnisse der einzelnen Programme ist die Meinung der neueren Veröffentlichungen dahingehend,daß einige der heute verfügbaren Programme hohe diagnostische Qualität erbringen (1).
Dabei sind die Ergebnisse der automatischen EKG-Analyse dort besonders zuverlässig,wo der Anteil an gesunden Probanden mit normalen EKGs hoch ist. Bei einem Probandengut mit hohem pathologischen Anteil entsteht eine entsprechend größere Zahl an Unsicherheiten und Fehldiagnosen (3).
Ariet und Crevasse (1) veröffentlichten 1978 Zahlen,wobei die Richtigkeit der Befundung von normalen EKGs bei mehreren Programmen über 98% beträgt.
Bei pathologischen EKGs wird die Richtigkeit der computergestützten Auswertung bei über 80% angegeben (3),wobei die Formanalyse bessere Ergebnisse zeigt als die Rhythmusanalyse (9).
Bei dem Anteil der Falschbefundungen von pathologischen EKGs ist zu beachten,daß mit wachsendem Anteil von pathologischen EKGs auch die Befundung durch erfahrene Ärzte stark variiert und die Richtigkeit der Aussagen deutlich zurückgeht (38).
Rübesamen (35) hat dabei in ihren Untersuchungen nachgewiesen,daß automatische Auswertverfahren eine über der visuellen Befundung liegende Leistungsfähigkeit aufweisen.
Auch Rautaharju (33) zeigt sich auf Grund persönlicher Erfahrungen davon überzeugt,daß die automatische EKG-Analyse zusammen mit einer kontrollierenden Fachkraft,welche beispielsweise bei der Registrierung entstehende Artefakte herausselektiert,die Auswertung besser und beständiger durchführt als eine Gruppe rein visuell Auswertender.

Die Überlegenheit der Computerprogramme kommt zum Teil dadurch zustande,daß dem Computer nur dort Fehler unterlaufen können,wo Kriterienunsicherheiten in elektrokardiographischen Grenzbereichen vorliegen.
Der Arzt kann solche Schwachstellen des Programms schnell kennenlernen und sich darauf einstellen.In eindeutig programmierten Bereichen ist die Diagnose des Computers zuverlässig. Der Arzt hingegen macht seine Fehler bei der manuellen Auswertung unverhofft und unvorhersehbar.
Die visuelle Befundung ist immer durch die Unsicherheit gekennzeichnet,daß auf Grund eines rational nicht erklärbaren Fehlers eine falsche EKG-Aussage gestellt wird.
Meyer (28):"Auch in der vorliegenden Studie wurden von 2 der 3 Ärzte in jeweils 2 Fällen eindeutige Infarkte übersehen. Im Einzelfall ist schwer nachzuvollziehen,warum ein Arzt eine elektrokardiographische Fehldiagnose stellt,obwohl das EKG alle sonst für diese Schule üblichen Kriterien erfüllt. Wahrscheinlich spielen Flüchtigkeit und Ermüdung eine wichtige Rolle.
Im Gegensatz zu den Ärzten machen Computer keine Flüchtigkeitsfehler.Sie korrelieren jeden gefundenen Meßwert mit den in das Programm implementierten Kriterien und stellen bei gleichen Meßwerten immer die gleiche Diagnose."
So sind bei einer Spezifität von nahezu 100% bereits eine Reihe von Krankenhäusern bzw. Ärzten in den USA dazu übergegangen,die von der automatischen Analyse als normal bewerteten Elektrokardiogramme nicht nochmals visuell zu überprüfen (15).
Die automatische EKG-Analyse darf für die Routineanwendung von der hard- und software aus gesehen als ausgereift bezeichnet werden (21).

5.4 Leistungsfähigkeit des IBM-Auswertungsprogramms nach Dr. R. Bonner (Version 2)

Das IBM-Auswertungsprogramm nach Dr. Bonner (Version 2) ist das in Amerika weit verbreitetste EKG-Auswertungsprogramm überhaupt (8). Auch das Datenmaterial dieser Arbeit wurde durch die automatische EKG-Auswertung mit dem Bonner Programm (Version 2) gewonnen.
Auf diesem Hintergrund soll stellvertretend auch für andere verfügbaren Programme die Leistungsfähigkeit des Bonner Programms an Hand zweier aktueller Studien aus dem Jahre 1981 geprüft werden.
Garcia (10) verglich die Befundung von 1000 EKGs durch 3 Kardiologen mit der Auswertung durch den Computer.Die 1000 EKGs setzten sich zusammen aus
200 Infarkt-EKGs mit insgesamt 248 Infarktaussagen
200 EKGs mit Überleitungsstörungen
100 Hypertrophie-EKGs
300 normalen EKGs
200 Schrittmacher-EKGs.
Als Maßstab für die Befundung wurde die ärztliche Diagnose angenommen,wobei Unterschiede zwischen Arzt und Computer auf Abweichungen in den Kriterien oder auf echte Programmfehler untersucht wurden.
Bei den Myokardinfarkten erkannte das Bonner Programm von 248 Infarkten 218,was einer Sensibilität von 88% entspricht. Bei den EKGs mit 2 Infarktaussagen erreichte die Computeranalyse eine Sensibilität von 89%.
Die Sensibilität für Überleitungsstörungen betrug 93,4% (183/196),für LVH 90% (74/81) und für RVH 83% (5/6).
Unter den normalen EKGs wurden 98,6% (289/293) richtig diagnostiziert.
Die Sensibilität für ventrikuläre Extrasystolen wird mit 84% (56/67) angegeben,für Vorhofflimmern mit 87% (48/55). Neben der diagnostischen Leistungsfähigkeit findet Garcia beeindruckend,wie schnell das Programm sowohl von Kardiologen

als auch Praktikern aufgenommen wird.
Auch Koenig (21) konnte 1981 dem Bonner Progamm eine "für praktische Ansprüche hohe Zuverlässigkeit" bestätigen. Bei einem Anteil pathologischer EKGs von 43% begutachtete der Computer 95% der 2883 Gesamt-EKGs einwandfrei.
Bei 2% wurde trotz Vorliegens eines nicht normalen EKGs ein Normalbefund oder irrelevanter Befund ausgedruckt (falsch negativ).Falsch positive Befunde kamen ebenfalls in 2% der Fälle zustande.
Koenig beurteilt den Einsatz des Bonner Programms Version 2 dahingehend,daß die routinemäßige Anwendung unter poliklinischen Bedingungen und besonders bei Reihenuntersuchungen sehr zu empfehlen ist.

6. Stand der Anwendung der computergestützten EKG-Auswertung

In Amerika ist im Gegensatz zu Europa die automatische EKG-Analyse bereits in die klinische Routineanwendung übergegangen (23). Bereits 1978 wurden in Amerika 7 Millionen EKGs mit Hilfe der EKG-Programme ausgewertet, was einem Anteil von etwa 10 % der gesamten EKGs (ca. 80 Mill./Jahr) entspricht (8). Dabei stellen in den USA etwa 3500 Ärzte in der freien Praxis den zahlenmäßig größten Teil der 6000 Anwender.
Sie erbringen mit ca. 600.000 automatisch ausgewerteten EKGs jedoch nur einen geringen Teil der insgesamt 7 Millionen maschinell bearbeiteten EKGs.
Die ca. 2000 Krankenhäuser mit ungefähr 6 Millionen automatisch ausgewerteten EKGs stellen in den Vereinigten Staaten die bedeutendste Anwendergruppe dar (Tab. 3). Im Rahmen von Screening- und Vorsorgeuntersuchungen werden in Amerika jährlich über eine halbe Million EKGs automatisch ausgewertet.

Art der Einrichtung	Zahl	Umfang der automatisch ausgewerteten EKGs
Krankenhäuser	2000	6 Mill. EKGs
Arztpraxen	3500	0,6 Mill. EKGs
Screening/Vorsorge	350	0,5 Mill. EKGs

Tab. 3 Verteilung der automatisch ausgewerteten EKGs auf verschiedene Anwendergruppen (8)

Bei den EKG-Auswertungsprogrammen stehen die Versionen von IBM/Bonner und TELEMED mit jeweils 42 % und 36 % weit an der Spitze (8). Von den übrigen Programmen kann keines einen größeren Anteil am kommerziellen Vertrieb der automatischen EKG-Analyse verzeichnen.

In der Bundesrepublik begannen Versuche zur automatischen EKG-Analyse um 1970, gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (34).

Die Telefonübertragung von EKGs wurde bis 1975/76 von der Bundespost nicht unterstützt, so daß sich vergleichbare Zentren zur Verarbeitung zunächst nicht bilden konnten. Hier begründet sich zum Teil der Rückstand in der Anwendung der automatischen EKG-Analyse, der in Deutschland und dem übrigen Europa gegenüber den Amerikanern besteht (43). Hinzu kommt, daß viele Ärzte in der Bundesrepublik bei relativ geringen Gebührensätzen für EKG-Registrierung und Diagnostik keine weiteren Abzüge durch Telefonübertragungskosten, EKG-Auswertungsgebühren etc. in Kauf nehmen wollen.

Die zunehmende Leistungsfähigkeit einiger EKG-Auswertungsprogramme sowie der verminderte Arbeitsaufwand für Ärzte haben jedoch auch im deutschsprachigen Raum in den letzten drei Jahren zur Zunahme dieses Verfahrens geführt. Vor allem in präventivmedizinischen Bereichen, wo ein hohes EKG-Volumen bei hohem Anteil an gesunden Probanden anfällt, wird der Wert der automatischen EKG-Analyse heute nicht mehr in Frage gestellt. Nach Willems (43) ist damit zu rechnen, daß die automatische EKG-Analyse im europäischen Raum bei hoher diagnostischer Leistungsfähigkeit und steigenden Personalkosten eine ähnliche Bedeutung erlangen wird wie in den USA.

III. Spezieller Teil

1. Aufgabenkonstellation des TÜV Rheinland in der Arbeitsmedizin

Seit dem 1. Dezember 1974 ist das "Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit", kurz Arbeitssicherheitsgesetz genannt,in Kraft.
Dieses Gesetz sieht vor,daß der Arbeitgeber Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit zu bestellen hat,die ihn beim Arbeitsschutz und bei der Unfallverhütung unterstützen und beraten sollen.
Dabei besteht für den Betrieb neben der Einstellung eines festangestellten Arztes die Möglichkeit,sich einem überbetrieblichen Dienst von Betriebsärzten anzuschließen. Dieser nimmt dann die Aufgaben des Gesetzes wahr.
Der Technische Überwachungsverein Rheinland als Institution, die Menschen und Sachwerte vor nachteiligen Auswirkungen technischer Einrichtungen bewahren will,begann 1973, überbetriebliche Dienste von Ärzten und Sicherheitsingenieuren aufzubauen.
Speziell in den Aufgabenbereich des Betriebsarztes fällt dabei

1. die medizinische Überwachung von Personen,die durch ihre Tätigkeit gesundheitlich besonders gefährdet sind
2. die Durchführung von Vorsorge- und Einstellungsuntersuchungen
3. die Mitgestaltung von Arbeitsräumen und Arbeitsplätzen
4. die Beratung der Betriebe in Fragen der Ergonomie und Hygiene
5. die Organisation der "Ersten Hilfe".

Inzwischen werden beim TÜV Rheinland im Fachbereich Arbeitsmedizin in 14 Arbeitsmedizinischen Zentren von 46 hauptamtlichen Betriebsärzten mehr als 120.000 Mitarbeiter in etwa 530 Betrieben arbeitsmedizinisch betreut.Die Ärzte des TÜV Rheinland leisten im Jahr mehr als 46.000 betriebsärztliche Einsatzstunden(12). Die arbeitsmedizinischen Untersuchungen erfolgen dabei überwiegend in den Arbeitsmedizinischen Zentren,da hier ein sensibler medizinisch-technischer Untersuchungsapparat zur Verfügung steht.
Neben den klinisch-chemischen Untersuchungen können in den Zentren je nach medizinischer Indikation Sehtests,Lungenfunktionsprüfungen,Audiometrieuntersuchungen,EKG-Registrierungen, Reaktionstests mit dem Determinationsgerät nach Wiener etc. durchgeführt werden.

2. Methodik

2.1 Systemablauf der automatischen EKG-Analyse beim TÜV Rheinland

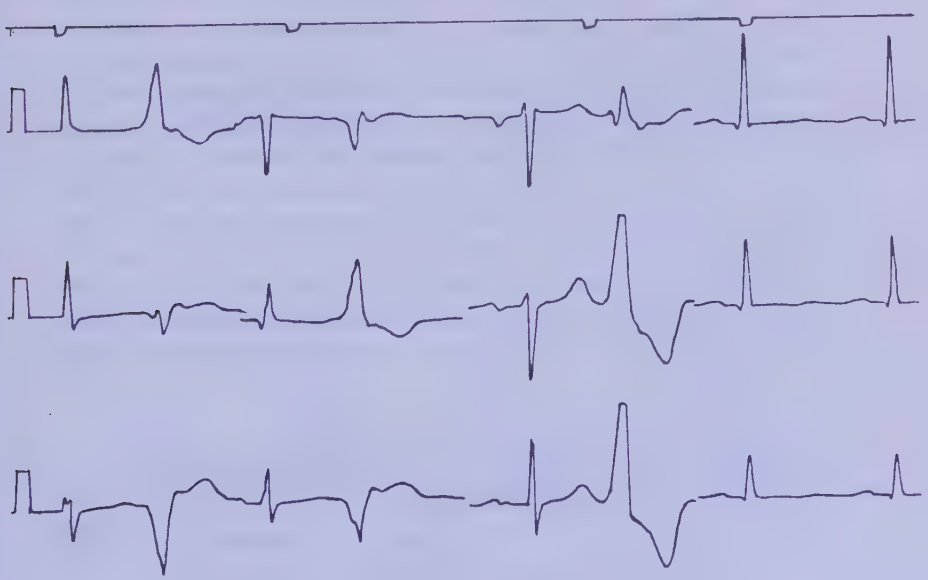
Seit dem 1.1.1979 sind insgesamt 14 Arbeitsmedizinische Zentren des TÜV Rheinland an die computergestützte EKG-Auswertung angeschlossen.
In allen Zentren werden die EKGs auf einem mikroprozessorgesteuerten Terminal mit Dreifachschreiber ETS 3000 der Firma PCS/Schwarzer registriert.
Das Aufnahmegerät liefert zum einen den konventionellen EKG-Streifen,zum anderen werden in der gleichen Phase die entsprechenden EKG-Signale digitalisiert und im Aufnahmegerät auf Diskette gespeichert.
Die einzelne Diskette kann bis zu 5 EKGs aufnehmen,zu denen über einen Dialog mit dem Rechner auch die wesentlichen Probandendaten (Aufnahmedatum,Patientennummer,EKG-Nummer,Geschlecht,Alter,Körperlänge,Gewicht,Medikation) hinzugefügt sind. Von der Diskette aus werden die EKG-Signale in digitaler Form über eine Datex-L-Leitung zum IBM-Rechner in die Hauptverwaltung des TÜV Rheinland in Köln übertragen.
Die EKG-Auswertung findet auf der Basis des IBM-Auswertungs-Programms von Dr. R. Bonner (Version 2) auf dem IBM 4331 Modell KJ 2 statt.
Die EKG-Befundberichte werden telefonisch auf die Diskette des Terminals in den Arbeitsmedizinischen Zentren zurückübertragen und auf einem Schnelldrucker (Typ Mannesmann) ausgedruckt.Gleichzeitig werden die EKGs im Rechenzentrum gespeichert und täglich auf Magnetband gesichert.
EKG-Schrieb und Befundbericht werden dem Arzt vorgelegt.Er kann bei Bedarf korrigieren oder -im Regelfall- den Hinweisbericht durch seine Unterschrift zum Befundbericht machen.

2.2 IBM-EKG-Auswertungsprogramm nach Dr. R. Bonner (Version 2)

Die computermäßige Auswertung der TÜV-EKGs erfolgt auf der Basis des IBM-EKG-Auswertungsprogramms in der Version 2, welches von Dr. Ray Bonner entwickelt wurde.Dabei werden die 12 konventionellen skalaren Ableitungen zur Befundung herangezogen.
Der Rechner braucht nur wenige Sekunden zur Auswertung der einzelnen EKGs.Zur Beschreibung der Befunde stehen 215 Diagnosehinweise zur Verfügung.
Wahlweise können die Befundkriterien und die einzelnen Vermessungswerte der EKG-Kurven mit ausgedruckt werden (18). Das Auswertungsprogramm ermöglicht außerdem die Speicherung und den Vergleich von bis zu 5 EKGs eines Probanden.
Der Vergleich verschiedener EKGs eines Probanden wird im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt.
Abbildung 1 zeigt einen EKG-Kurvenverlauf und Befundbericht, wie er für die Probanden im Rahmen der arbeitsmedizinischen Untersuchungen des TÜV Rheinland erstellt wird.
Zu Beginn des Jahres 1983 wurde beim TÜV Rheinland die Version 3 des IBM-Auswertungsprogramms nach Bonner installiert. Die Version 3 stellt eine konsequente Fortführung und Weiterentwicklung des bisherigen Programms dar.Neben der Detailpräzisierung einiger EKG-Parameter bringt die Version 3 eine Überarbeitung der Formulierung der Diagnosehinweise (19). Es besteht ein besonderer Programmteil für EKGs von Kindern und Jugendlichen bis 18 Jahren.Bei älteren Probanden werden generell die Kriterien für Erwachsene angewandt.
Weiterhin ist im Bonner Programm Version 3 die Möglichkeit zur vergleichenden Beurteilung verschiedener EKGs eines Probanden verbessert worden. Das Programm wurde besonders dahingehend präzisiert,daß nur auf kardiologisch bedeutsame Abweichungen zwischen verschiedenen EKGs aufmerksam gemacht wird.

Abb. 1 EKG-Schrieb (ausschnittsweise) und Befundbericht nach dem IBM-EKG-Auswertungsprogramm (Version 2)

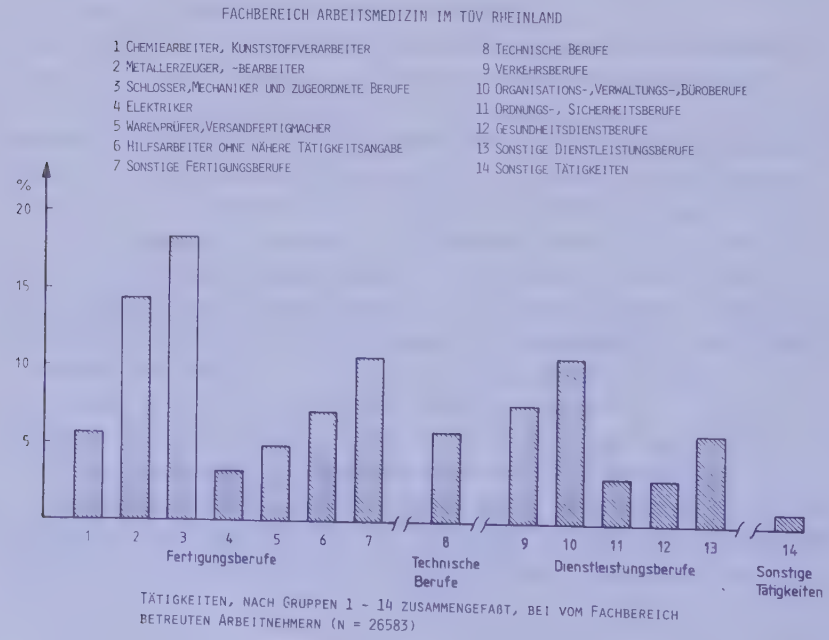
```
    ****IBM-EKG-AUSWERTUNGSPROGRAMM (VERSION 2) ****

    ANALYSE ERSTELLT AM   20-02-81 UM 12:12:18              SEITE 1
PATIENTEN NR.00[redacted]  EKG-NR.0001 ST.NR.0849 WEIBL.  ALTER 62
  GROESSE 164 CM GEWICHT 060 KG  EKG ERSTELLT AM 20-02-81
MEDIKATION: KEINE
**********************************************************************

  2*NORMALER SINUSRHYTHMUS, FREQUENZ   97
    58*MIT (EINER) VENTRIKULAEREN EXTRASYSTOLE(N)

570*VERGROESSERUNG DES LINKEN VORHOFES
    P STAERKER NEGATIV ALS 0,15 MV IN V1

680*UNSPEZIFISCHE T-VERAENDERUNGEN
    T IN V4, V5, OD. V6 NEGATIV, VERSTRICHEN OD. KLEINER ALS 0,05 MV
    ALLE T-WELLEN IN DEN EXTREMITAETENABL. VERSTR. OD. KLEINER OD.GLEICH 0,07 MV

        INTERVALLE IN MSEK                FRONTALEBENENWINKEL  IN  GRAD
   P-Q    QRS    Q-T     T      P          QRS     P      T      J  QRST
   158     83    321    170    116           19    62 KEINE KEINE KEINE
```



2.3 Zusammensetzung der arbeitsmedizinisch untersuchten Probanden des TÜV Rheinland nach Tätigkeitsbereichen und Anlaß der computergestützten EKG-Untersuchung

Der TÜV Rheinland speichert im Rahmen der arbeitsmedizinischen Untersuchungen den jeweiligen Tätigkeitsbereich der untersuchten Probanden,wobei die Berufsbezeichnung der Klassifizierung der Bundesanstalt für Arbeit entspricht (4). Abb. 2 gibt einen Querschnitt der Tätigkeitsverteilung der beim TÜV Rheinland medizinisch betreuten Arbeitnehmer wieder.

Abb. 2 Tätigkeitsverteilung der beim TÜV Rheinland arbeitsmedizinisch betreuten Probanden



Es zeigt sich,daß der Großteil der untersuchten Arbeitnehmer (über 60%) aus dem Bereich der Fertigungsberufe stammt,wobei die Berufsgruppen der Chemie- und Kunststoffverarbeiter,der Metallerzeuger,der Schlosser,Mechaniker sowie der Hilfsarbeiter im Vordergrund stehen.
Einen weiteren anteilsmäßig bedeutenden Berufsbereich,der vom TÜV Rheinland medizinisch versorgt wird,stellt der Dienstleistungssektor (ca. 30%) dar.Hier werden in erster Linie Arbeitnehmer aus Verkehrsberufen,Organisations-,Verwaltungs- und Büroberufen betreut.
Andere Berufsbereiche spielen in der Arbeitsmedizin des TÜV Rheinland eine anteilsmäßig untergeordnete Rolle.
Die EKG-Diagnostik kommt im Rahmen der arbeitsmedizinischen Betreuung bei Einstellungsuntersuchungen, arbeitsmedizinischen Basisuntersuchungen,Gutachten, Erfüllung des Jugendarbeitsschutzgesetzes etc. zum Einsatz.
Bei einigen arbeitsmedizinischen Untersuchungen nach berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen (G-Untersuchungen) ist die EKG-Untersuchung erwünscht bzw. vorgeschrieben.
Hierzu gehört die Exposition mit den gefährlichen Arbeitsstoffen Nitroglycerin oder Nitroglycol (G 5),Schwefelkohlenstoff (G 6),Kohlenmonoxid (G 7),Schwefelwasserstoff (G 11), Trichlorethylen (G 14),Tetrachlorethylen (G 17).
Bei Hitzearbeit (G 30),Arbeit unter Überdruckbedingungen (G 31) und bei Tropenaufenthalten wird die EKG-Untersuchung ebenfalls berufsgenossenschaftlich gefordert.
Die automatische EKG-Analyse wird bei den arbeitsmedizinischen Untersuchungen des TÜV Rheinland im Rahmen der genannten Indikationen durchgeführt.

2.4 Auswertung

Es galt herauszufinden,welche elektrokardiographischen Befunde bei einer größeren Anzahl routinemäßig arbeitsmedizinisch untersuchter Probanden vorkommen und welche grundsätzlichen Erkenntnisse sich daraus für die arbeitende Bevölkerung ableiten lassen.
Zur Klärung dieser Fragestellung erfolgte der Rückgriff auf die Magnetbänder des Computerzentrums des TÜV Rheinland,auf denen alle im Rahmen arbeitsmedizinischer Untersuchungen registrierten EKGs und ihre Befunde gespeichert sind. Durch Erstellen eines EDV-Programms wurden die gespeicherten EKG-Befundberichte nach Diagnosehinweisen sortiert. Zu allen vorhandenen Diagnosehinweisen wurde nach Geschlechtern getrennt die altersmäßige Häufigkeitsverteilung dargelegt.
Neben dem Ausdruck von Einzeldiagnosehinweisen ermöglicht das Programm die Verknüpfung von Befunden. Die Diagnosehinweise wurden in Histogrammform mit tabellarischer Legende geplottet.
Die Darstellung der Diagnosehinweise erfolgte dabei nach Bereinigung der Dateien. So sind EKGs mit unvollständigem oder falschem Eingabedialog (Probandenidentifikation, Altersangabe, Geschlecht, Medikation, Erstellungsdatum) - insgesamt ca. 2% - bei der statistischen Betrachtung ausgenommen.
Zudem wurden die Diagnosehinweise im Vorfeld dieser Arbeit von zahlreichen Übersetzungsmängeln zwischen englischem und deutschem Programm befreit.
Die Ergebnisse dieser Überarbeitung wurden im allgemeinen Anwenderinteresse von IBM Düsseldorf in das IBM-EKG-Auswertungsprogramm übernommen.

3. Ergebnisse

3.1 Größenmäßige Verteilung der Diagnosehinweise in Prozentbereiche

Im Fachbereich Arbeitsmedizin des TÜV Rheinland wurden in der Zeit vom 1.1.1979 bis 30.9.1982 33.867 EKGs von männlichen Arbeitnehmern EDV-unterstützt ausgewertet sowie 3.176 von Frauen.
Auf Grund des umfangreichen Datenmaterials wird im Rahmen dieser Arbeit zunächst die zahlenmäßig erheblich größere Gruppe der männlichen Arbeitnehmer untersucht.
Von den insgesamt 156 möglichen Diagnosehinweisen des Bonner Programms Version 2 (ohne Berücksichtigung der vergleichenden Aussagen) wurden bei der EKG-Analyse der 33.867 Männer 128 Aussagen in Anspruch genommen.28 mögliche Diagnosehinweise kommen nicht vor.
Von den 128 vorkommenden Diagnosehinweisen zeigen 65 Aussagen eine Häufigkeit von kleiner 0,1% auf.103 Aussagen liegen unter 1% Häufigkeit.25 Diagnosehinweise von insgesamt 156 möglichen kommen in einer Größenordnung von über 1% vor.

mögliche Diagnosehinweise gesamt:	156
Zahl der Diagnosehinweise bei 33.867 Arbeitnehmern:	128

davon prozentuale Häufigkeit		
gleich oder kleiner 0,1%	gleich oder kleiner 1%	größer 1%
65	103	25

Tab. 4 Verteilung der vorkommenden Diagnosehinweise in Prozentbereichen

Häufige und klinisch relevante Diagnosehinweise sollen im folgenden dargestellt werden,wobei sich die Reihenfolge der Betrachtung an dem Lehrbuch "Klinische Elektrokardiographie" von Holzmann (16) orientiert. Den dargestellten Diagnosehinweisen liegen folgende Kapitel des Lehrbuchs von Holzmann zu Grunde:

V. Das normale Elektrokardiogramm

VI. Das abnorme EKG, abgesehen von Rhythmusstörungen
- D. Abnorme Befunde des Vorhofteils (Eag)
- E. Abnorme Befunde des Kammerteils (Evg)
  - 1. Die ventrikulären Leitungsstörungen
  - 3. Abnorme Befunde des ST-T-Abschnitts
  - 7. Die pathologischen Seitentypen des Evg
  - 8. Die Kammerhypertrophien
- I. Veränderungen des EKG durch Digitalis und verwandte Stoffe
- K. Das EKG bei Durchblutungsstörungen des Myokards

VII. Das EKG bei Rhythmusstörungen
- B. Die Besonderheiten des Sinusrhythmus
  - 1. Die Sinustachykardie
  - 2. Die Sinusbradykardie
  - 3. Die Sinusarrhythmien
- C. Die Extrasystolen

3.2 Diagnosehinweise zum normalen EKG

Die Aussage "Normaler Sinusrhythmus" kommt bei den 33.867 untersuchten Männern in 30.567 Fällen vor (90,3%).
Der Diagnosehinweis "Normaler Sinusrhythmus" erscheint bei der Auswertung durch das Bonner Programm immer dann,wenn eine unauffällige P-QRS-Folge mit etwa gleichen PQ-Intervallen bei einer Herzfrequenz zwischen 60 und 100 Schlägen pro Minute vorliegt.
Abb. 3 zeigt die Häufigkeit und altersmäßige Verteilung der Aussage "Normaler Sinusrhythmus" bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern.
Es ergibt sich ein konstantes Auftreten des normalen Sinusrhythmus über alle Altersgruppen hinweg im Bereich um 90%.

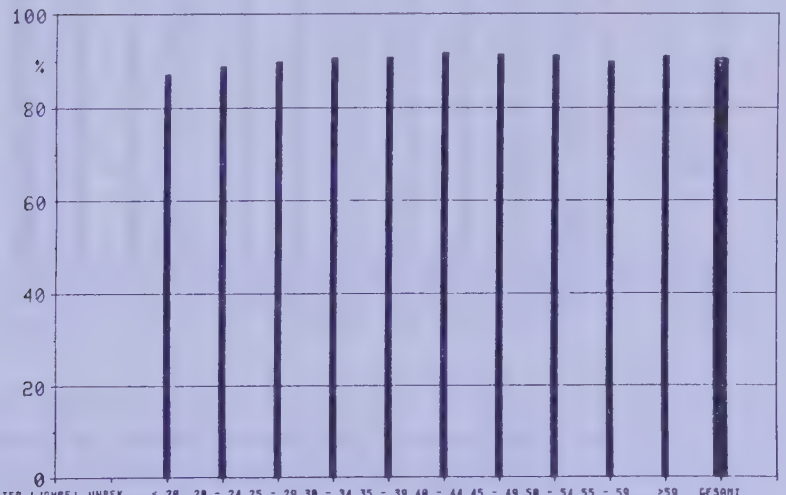
Abb. 3 Normaler Sinusrhythmus

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

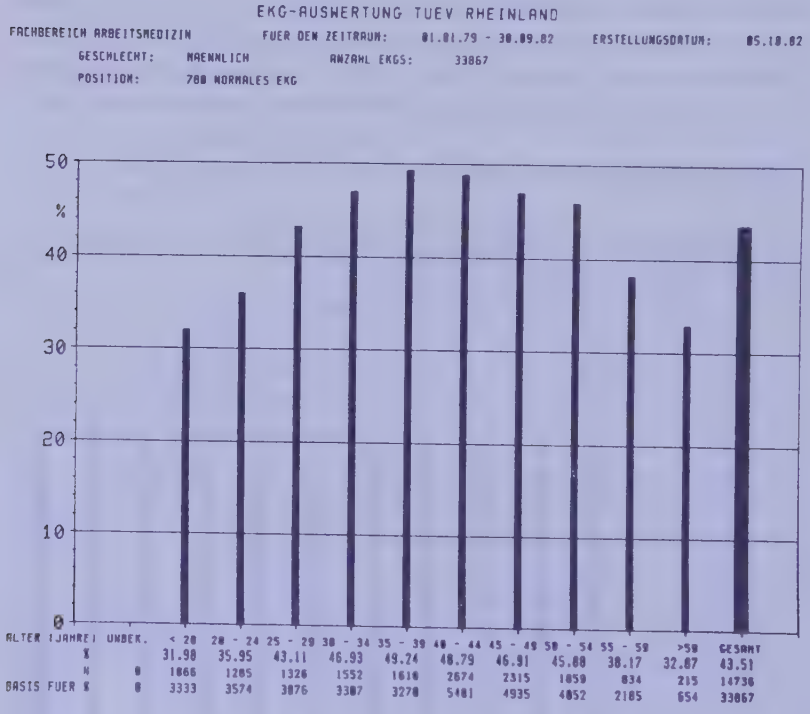
POSITION: 002 NORMALER SINUSRHYTHMUS



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		86.92	88.81	89.73	90.47	90.80	91.63	91.35	91.84	89.79	90.83	90.26
N	0	2897	3174	2768	2992	2969	5022	4508	3689	1962	594	30567
BASIS FUER %	0	3333	3574	3876	3307	3270	5481	4935	4852	2185	654	33867

Die Aussage "Normales EKG" kommt bei den 33.867 untersuchten Männern in 14.736 Fällen vor (43,5%).
Das EKG wird vom Bonner Programm als normal bewertet,wenn Größe,Richtung und Dauer der elektrischen Potentialdifferenzen im Einklang mit den empirisch festgelegten Erfahrungswerten stehen.
Abb. 4 gibt die Häufigkeit und Verteilung der Aussage "Normales EKG" bei den 33.867 untersuchten Männern wieder.

Abb. 4 Normales EKG



Die einem Strömungsprofil ähnliche Verteilung normaler EKGs bei den 10 dargestellten Altersklassen entspricht nicht den

ärztlichen Erwartungen,welche von einer abnehmenden Verteilung der normalen EKGs mit zunehmendem Alter ausgehen.Das Zustandekommen des dargelegten Verteilungsmusters wird im Rahmen der Diskussion untersucht.
Zur Beschreibung von normalen EKG-Befunden steht im Bonner Programm auch die Aussage "sonst normales EKG" zur Verfügung (Abb. 5).

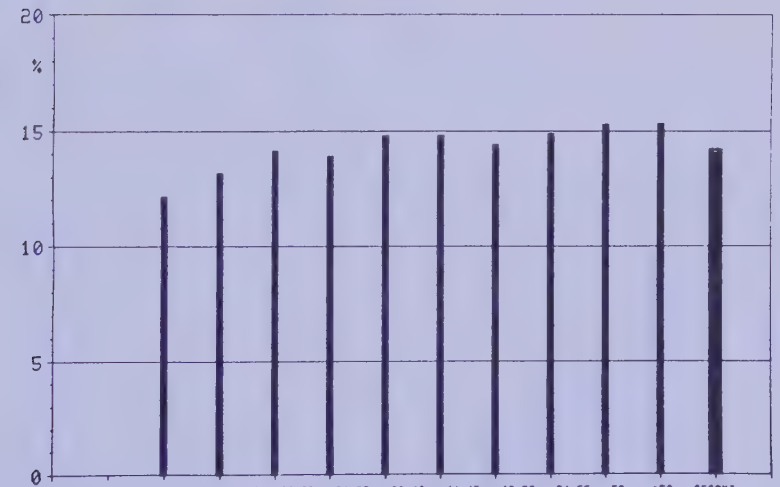
Abb. 5 sonst normales EKG

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 633 SONST NORMALES EKG



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		12.15	13.15	14.11	13.88	14.77	14.78	14.39	14.86	15.24	15.29	14.19
N	0	405	470	434	459	483	810	710	602	333	100	4806
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

Dieser Diagnosehinweis findet in den Fällen Anwendung,in denen ein auffälliger EKG-Befund ohne Anhalt für krankhafte

Veränderungen auftritt. Die Aussage "sonst normales EKG" erscheint bei den 33.867 untersuchten Männern beispielsweise häufig in Verbindung mit Hinweisen auf Sinustachykardien, Sinusbradykardien, ventrikuläre oder supraventrikuläre Extrasystolen oder intraatriale Leitungsstörungen.
Bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern kommt die Aussage "sonst normales EKG" in 4.806 Fällen vor (14,2%).Häufigkeit und Verteilung dieses Diagnosehinweises bei den 10 Altersgruppen sind in der obigen Abbildung dargestellt.

3.3 Abnormes EKG

3.3.1 Abnorme Befunde des Vorhofteils

Bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern weist das Bonner Programm in 451 Fällen (1,3%) intraatriale Leitungsstörungen nach. Die Aussage "intraatriale Leitungsstörung" wird erhoben,wenn eine P-Verbreiterung über 135 msek vorliegt.
Abb. 6 zeigt eine mit dem Alter zunehmende Häufigkeit intraatrialer Leitungsstörungen bei den untersuchten Männern.
Das Vorkommen dieser Aussage nimmt von unter 1% bei jünger 39-Jährigen bis auf 3,5% bei älter 59-Jährigen zu.

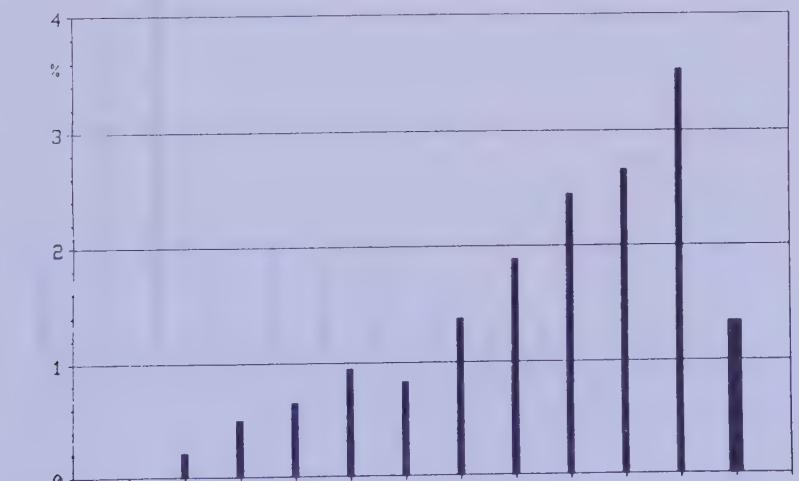
Abb. 6 intraatriale Leitungsstörung

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 630 INTRAATRIALE LEITUNGSSTOERUNG



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		0.21	0.50	0.65	0.94	0.83	1.37	1.88	2.44	2.65	3.52	1.33
N	0	7	18	20	31	27	75	93	99	58	23	451
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.2 Ventrikuläre Leitungsstörungen

3.3.2.1 Linksschenkelblock (LSB)

Bei den 33.867 Arbeitnehmern wird in 57 Fällen (0,2%) der Diagnosehinweis "LSB" ausgedruckt. Abb. 7 gibt die Häufigkeit und altersmäßige Verteilung der Linksschenkelblockierungen bei den untersuchten Männern wieder.

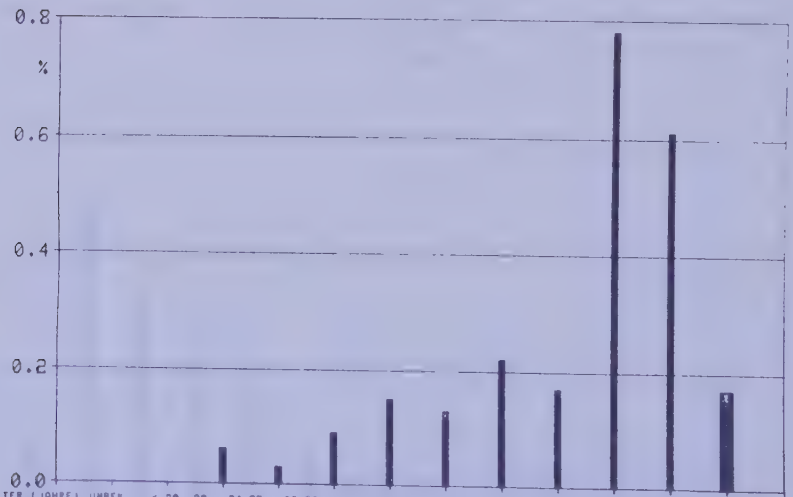
Abb. 7 LSB

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 530 LSB



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		0.00	0.06	0.03	0.09	0.15	0.13	0.22	0.17	0.78	0.61	0.17
N	0	0	2	1	3	5	7	11	7	17	4	57
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

Das Bonner Programm setzt bei der Diagnose einer Linksschenkelblockierung eine Verbreiterung der QRS-Dauer auf min-

destens 0,12 Sekunden voraus.
Als weitere Schlüsselkriterien sucht das Programm nach

- mehrfach aufgesplitterten R-Zacken in Ableitung I,aVL,V5,V6
- nach verzögertem Beginn der endgültigen Negativitätsbewegung in V5 oder V6
- nach niedrigen R-Zacken oder reinen QS-Komplexen in V1/V2.

3.3.2.2 Unifaszikulärer und inkompletter Rechtsschenkelblock (RSB)

Zur Diagnostik rechtsseitiger Schenkelblockierungen prüft das Bonner Programm als Hauptkriterien das Vorliegen von

- schlanken R-Zacken sowie breiten,evt. auch tiefen S-Zacken in Ableitung I und aVL
- hohen,breiten,aufgesplitterten R-Zacken in V1/V2
- verspäteten endgültigen Negativitätsbewegungen in V1/V2
- verbreiterten S-Zacken in I/II/V5/V6.

Der nach den oben genannten Kriterien diagnostizierte Rechtsschenkelblock (RSB) gilt als unifaszikulär bei einer QRS-Breite von gleich oder breiter 120 msek.
Abb. 8 gibt die Häufigkeit und Verteilung dieses Diagnosehinweises in den verschiedenen Altersgruppen wieder.

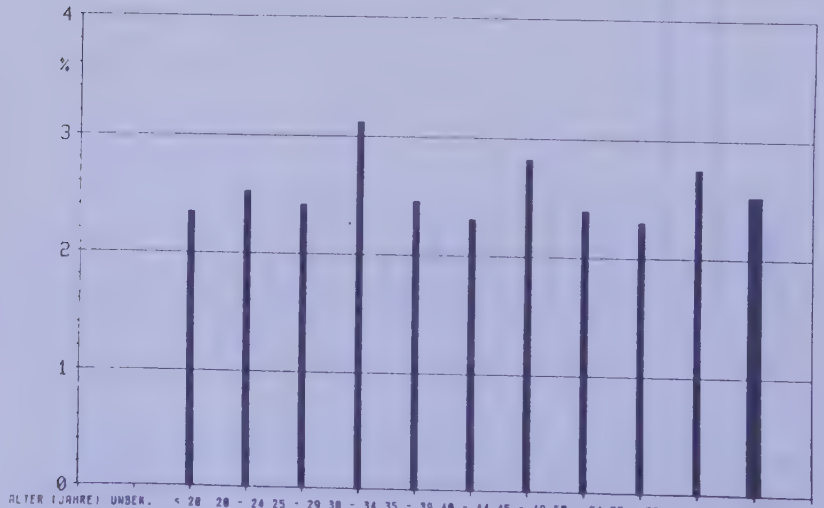
Abb. 8 RSB (unifaszikulär)

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 545 RSB (UNIFASZIKULAER)



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		2.34	2.52	2.41	3.11	2.45	2.30	2.82	2.39	2.29	2.75	2.52
N	0	78	90	74	103	80	126	139	97	50	18	855
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

Der inkomplette RSB weist im Gegensatz zur unifaszikulären Blockierung eine QRS-Breite zwischen 80 und 120 msek auf. Abb. 9 zeigt,daß der inkomplette RSB bei den untersuchten Arbeitnehmern in 2768 Fällen (8,2%) auftritt.
Bei einem Vorkommen von 12,9% bei jünger 20-Jährigen fällt die Häufigkeit des inkompletten RSB bis zum 49. Lebensjahr beständig auf 6,1% ab.Für die darüber liegenden Altersklassen bleibt das Vorkommen des inkompletten RSB in diesem Größenbereich konstant.

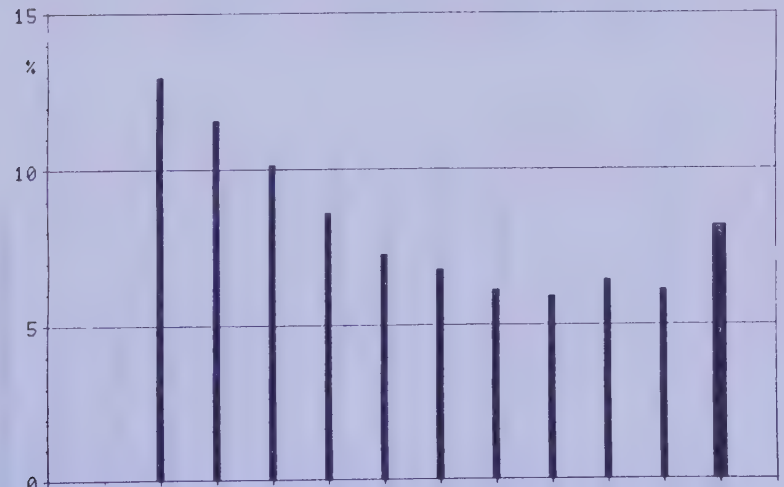
Abb. 9 inkompletter RSB

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: SSB INKOMPLETTER RSB



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		12.93	11.56	10.11	8.56	7.25	6.77	6.10	5.92	6.45	6.12	8.17
M	0	431	413	311	283	237	371	301	240	141	40	2768
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.2.3 Intraventrikuläre Leitungsstörungen

Die Aussage "intraventrikuläre Leitungsstörung" wird durch das Bonner Progamm erhoben,wenn die QRS-Breite über 120 msek liegt,ohne daß ein Schenkelblock nachweisbar ist.
Abb. 10 gibt die Häufigkeit und den altersmäßigen Verlauf des genannten Diagnosehinweises wieder.
Demnach schwanken die intraventrikulären Leitungsstörungen bei den verschiedenen Altersklassen in einem Häufigkeitsbereich von 2% bis 5%.

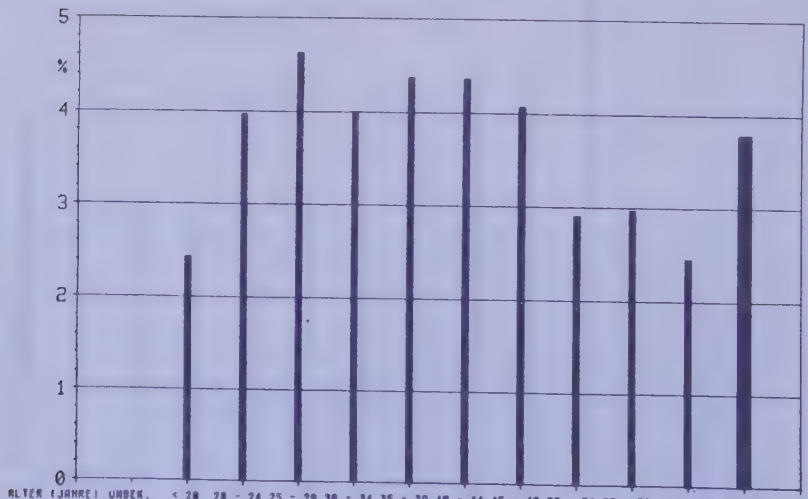
Abb. 10 intraventrikuläre Leitungsstörung

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 733 INTRAVENTR. LEITUNGSSTOERUNG



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		2.43	3.97	4.62	3.99	4.37	4.36	4.07	2.91	2.97	2.45	3.78
M	0	81	142	142	132	143	239	201	110	85	16	1270
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2105	654	33867

3.3.3 Abnorme Befunde des ST-/T-Abschnittes

Bei der vorliegenden Untersuchung weisen von den 33.867 Männern 759 (2,4%) unspezifische T-Veränderungen auf.
Das Bonner Programm erhebt den Diagnosehinweis "unspezifische T-Veränderungen" immer dann,wenn im EKG kleine,verstrichene oder unsymmetrische T-Wellen vorliegen oder wenn sich negative T-Wellen nachweisen lassen.
Abb. 11 zeigt,wie sich die unspezifischen T-Veränderungen bei den untersuchten Männern auf die verschiedenen Altersgruppen verteilen.

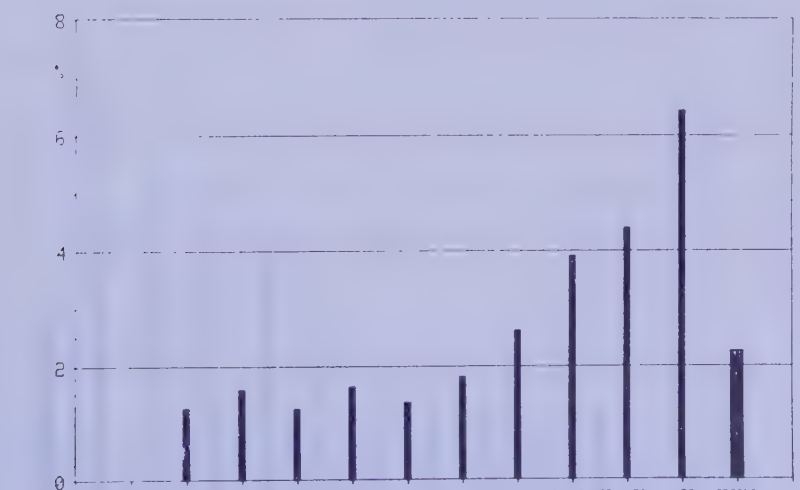
Abb. 11 unspezifische T-Veränderungen

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 600 UNSPEZIFISCHE T-VERAENDERUNGEN



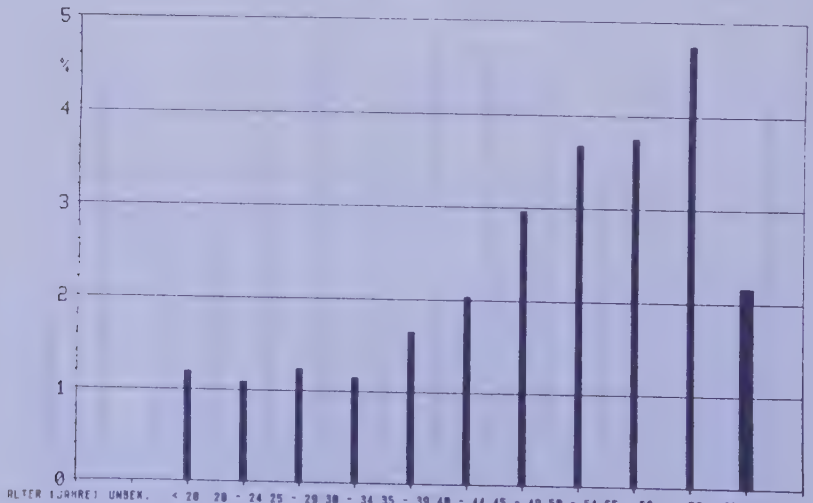
ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		1.26	1.59	1.24	1.63	1.35	1.81	2.61	3.98	4.39	6.42	2.24
N	0	42	57	38	54	44	99	129	158	96	42	759
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

Während bei Arbeitnehmern bis 44 Jahren das Vorkommen unspezifischer T-Veränderungen unter 2% relativ konstant verläuft, steigt die Häufigkeit dieser Aussage bis zum 6. Lebensjahrzehnt bis auf über 6% an.
Die Aussage "unspezifische ST-Veränderungen" kommt bei den 33.867 untersuchten Männern 728 mal vor (2,2%).
Die Diagnose "unspezifische ST-Veränderungen" wird dann gestellt,wenn im EKG in 2 oder mehr Ableitungen eine Senkung der ST-Strecke nachweisbar ist bei gleichzeitig verlängerter QT-Zeit und ohne Einnahme kardial wirksamer Medikamente.
Abb. 12 gibt die Häufigkeit und den altersmäßigen Verlauf der unspezifischen ST-Veränderungen bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern wieder.

Abb. 12 unspezifische ST-Veränderungen

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82
GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867
POSITION: 703 UNSPEZIFISCHE ST-VERAENDERUNGEN



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		1.20	1.09	1.24	1.15	1.65	2.03	2.96	3.68	3.75	4.74	2.15
N	0	40	39	38	38	54	111	146	149	82	31	728
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

In den Altersgruppen bis 34 Jahre kommen die unspezifischen ST-Veränderungen im Häufigkeitsbereich um 1% vor.In den Altersklassen darüber nehmen diese Veränderungen beständig zu bis auf fast 5% bei älter 59-Jährigen.
Bei deutlichen ST-Senkungen in 2 oder mehreren Ableitungen des EKGs erhebt das Bonner Programm bei gleichzeitiger Angabe einer Medikation im Patientenvorsatz die Aussage "ST-Veränderungen,Digitaliseffekt in Betracht ziehen".
Ähnlich wie beim Verlauf der unspezifischen ST-Veränderungen ergibt sich in Abb. 13 ein zunehmendes Vorkommen dieser Aussage in den oberen Altersgruppen.

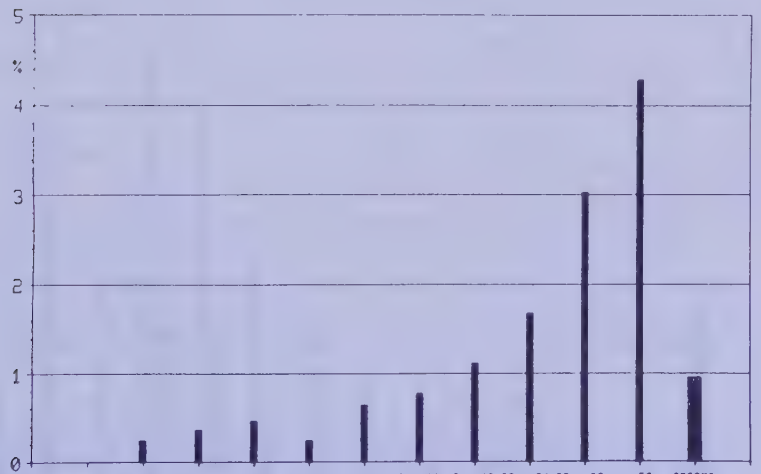
Abb. 13 ST-Veränderungen,Digitaliseffekt in Betracht ziehen

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 702 ST-VERAENDERUNGEN, DIGITALISEFFEKT IN BETR. ZIEHEN

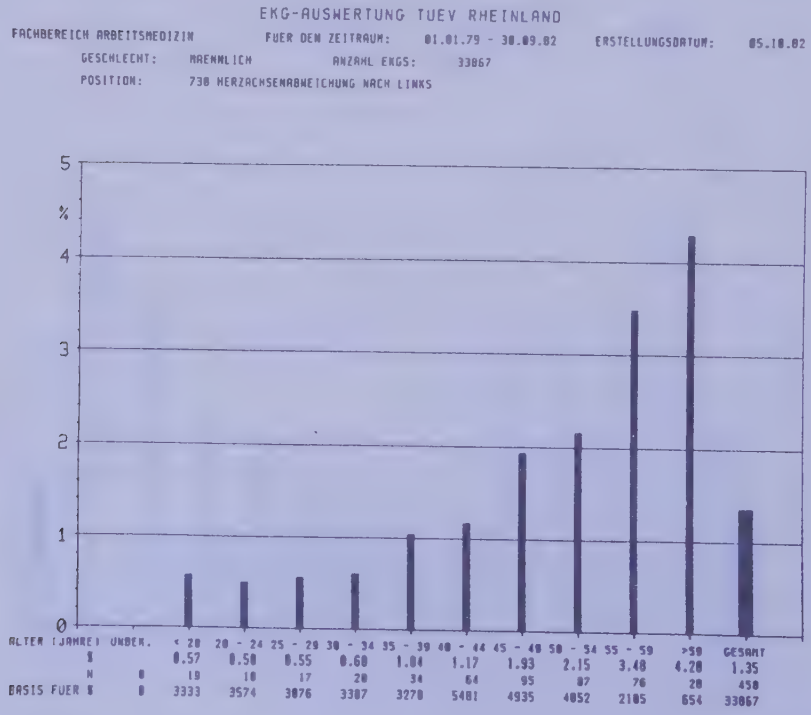


ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		0.24	0.36	0.46	0.24	0.64	0.77	1.11	1.68	3.02	4.28	0.95
N	0	8	13	14	8	21	42	55	68	66	28	323
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3278	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.4 Herzachsenabweichungen

Das Bonner Programm diagnostiziert eine "Herzachsenabweichung nach links" in den EKGs,in denen die QRS-Achse zwischen -30 und -45 Grad liegt oder QRS breiter als 180 msek ist bei einer QRS-Achse von -30 bis -120 Grad.
Neben diesen Kriterien muß der Ausschluß eines Schenkelblocks gesichert sein.
Bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern wird eine Herzachsenabweichung nach links in 458 Fällen (1,4%) nachgewiesen. Abb. 14 zeigt einen beständig zunehmenden Verlauf dieser Aussage mit dem Alter.

Abb. 14 Herzachsenabweichung nach links



Eine Herzachsenabweichung nach rechts liegt nach dem Bonner Programm dann vor,wenn die QRS-Achse zwischen -120 und -180 Grad liegt.Auch bei Ausdruck dieser Diagnose wird vorher ein Schenkelblock ausgeschlossen.
Die Herzachsenabweichung nach rechts kommt bei den 33.867 untersuchten Männern 845 mal vor (2,5%).
Gemäß Abb. 15 zeigt die "Herzachsenabweichung nach rechts" einen spiegelbildlichen Verlauf zur "Herzachsenabweichung nach links". Hier ergeben die Prozentzahlen einen beständigen Abfall der Häufigkeit von über 6% bei jungen Männern unter 20 Jahren bis auf unter 1% bei älter 44-Jährigen.

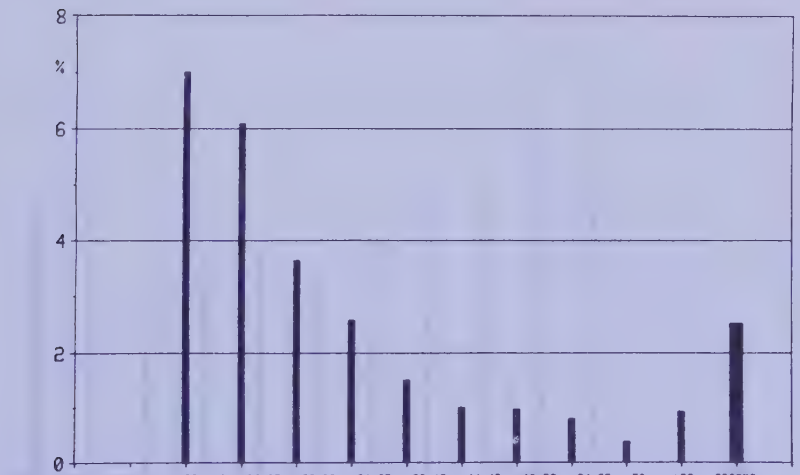
Abb. 15 Herzachsenabweichung nach rechts

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 731 HERZACHSENABWEICHUNG NACH RECHTS



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		6.99	6.07	3.64	2.57	1.50	1.00	0.97	0.79	0.37	0.92	2.50
N	0	233	217	112	85	49	55	48	32	8	6	845
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.5 Kammerhypertrophien

Die Aussage "RVH" (Rechtshypertrophie) wird bei der automatischen EKG-Analyse der 33.867 Männer in 100 Fällen (0,3%) ausgedruckt.Sie spielt damit quantitativ eine untergeordnete Rolle.
Die Aussage "LVH" (Linkshypertrophie) kommt bei den Arbeitnehmern 998 mal vor (3,0%).Bei der Häufigkeitsverteilung ergibt sich der Untersuchung nach eine mit dem Alter abfallende Tendenz der LVH (Abb. 16).

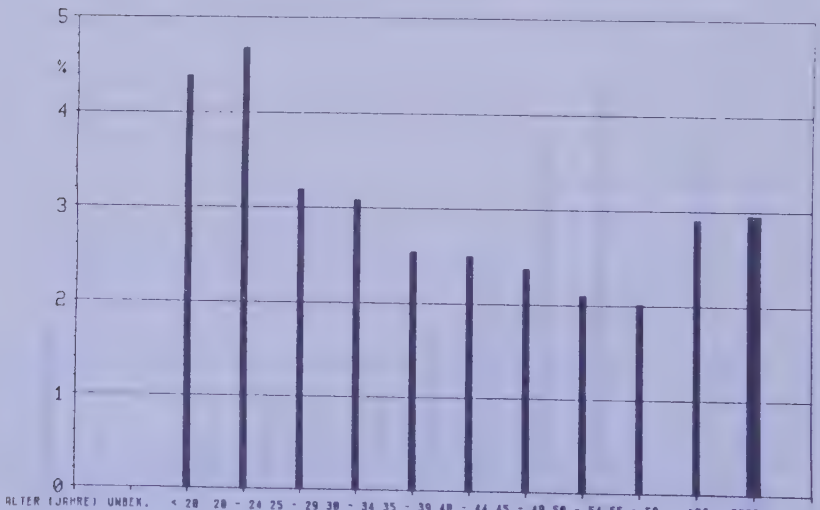
Abb. 16 LVH

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 583 LVH



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		4.38	4.67	3.19	3.08	2.54	2.50	2.37	2.10	2.01	2.91	2.95
N	0	146	167	98	102	83	137	117	85	44	19	998
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

Das Programm zieht zur Diagnose der LVH in erster Linie die Amplitudenhöhe der S- und R-Zacken in den Brustwandableitungen bzw. die Verknüpfung beider Amplitudenwerte heran (Sokolow-Lyon-Index).
Beträgt R in V5 mindestens 2,8 mV oder S in V1 mindestens 2,4 mV oder S in V2 + R in V6 mindestens 4,3 mV bei zugleich verzögerter endgültiger Negativitätsbewegung,druckt der Computer die Diagnose "LVH" aus.
Beträgt R in V5 mindestens 2,8 mV oder S in V1 mindestens 2,4 mV oder S in V2 + R in V6 mindestens 4,3 mV,wird bei normaler endgültiger Negativitätsbewegung und Probanden unter 30 Jahren die Diagnose "LVH möglich;kann für das Alter normal sein" erhoben (Abb. 17).

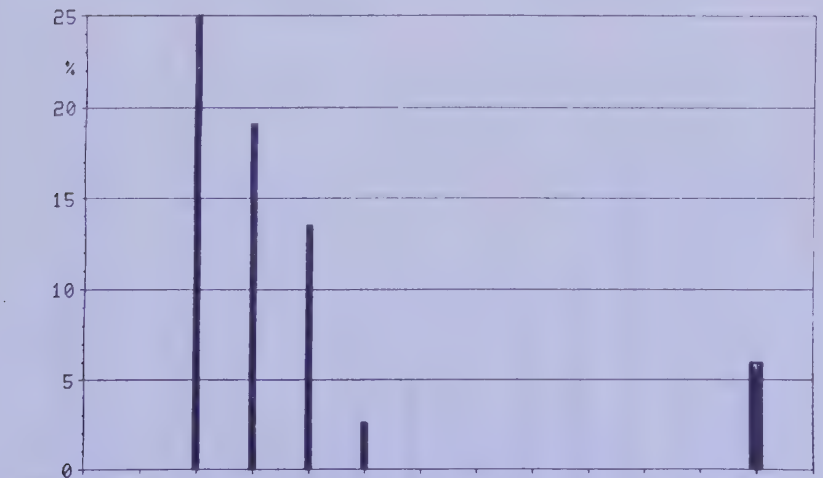
Abb. 17 LVH möglich; kann für das Alter normal sein

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 576 LVH MOEGLICH; KANN FUER DAS ALTER NORMAL SEIN



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		24.98	19.11	13.49	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.95
N	0	830	683	415	86	0	0	0	0	0	0	2014
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4852	2185	654	33867

Aus der Abbildung geht hervor,daß die Häufigkeit dieser Aussage vom Alter unter 20 Jahren bis zum 34. Lebensjahr steil abfällt von fast 25% bis auf unter 3%.
Die abfallende Tendenz der LVH mit zunehmendem Alter und das hohe Vorkommen der Aussage "LVH möglich;kann für das Alter normal sein" bei jungen Männern wird im Rahmen der Diskussion näher untersucht.

3.3.6 Myokardinfarkte

Die Infarktkriterien des Bonner Programms beruhen auf einer modifizierten Version des "Minnesota Code" für pathologische Q-Zacken.Als Kennzeichen für Infarkte werden in erster Linie deutliche Q-Zacken (stärker negativ als -0,1 mV),R-Verluste oder QS-Komplexe gewertet.
Dem Bonner Programm stehen zur Einordnung der Myokardinfarkte 5 verschiedene Lokalisationstypen zur Verfügung:

- Vorderwandinfarkt
- Anterolateralinfarkt
- Anteroseptalinfarkt
- hoher Lateralinfarkt
- inferiorer Hinterwandinfarkt.

Abb. 18 faßt die Häufigkeit und Verteilung der verschiedenen Infarkttypen bei den untersuchten Arbeitnehmern zusammen.

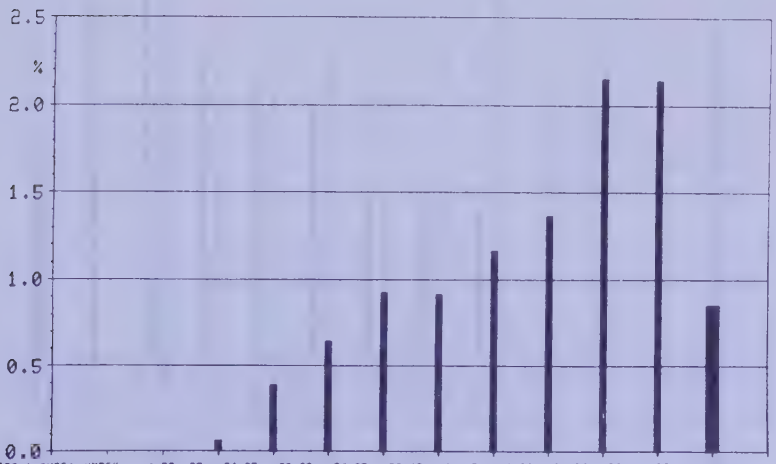
Abb. 18 Myokardinfarkte verschiedener Lokalisation

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 11.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 740 VORDERWANDINFARKT
741 ANTEROLATERALINFARKT
742 ANTEROSEPTALINFARKT
743 HOHER LATERALINFARKT
744 INF. HINTERWANDINFARKT



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		0.00	0.06	0.39	0.64	0.92	0.91	1.16	1.36	2.15	2.14	0.85
N	0	0	2	12	21	30	50	57	55	47	14	288
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

Insgesamt wird bei 288 Fällen eine Infarktdiagnose erhoben (0,9%).Die Häufigkeit der ausgedruckten Infarkte nimmt von unter 0,1% bei jünger 24-Jährigen bis auf über 2% bei älter 49-Jährigen zu.
Sind die genannten Kriterien nicht eindeutig ausgeprägt, weist das Bonner Programm auf die Möglichkeit eines Infarktes hin,wobei wiederum die 5 Lokalisationstypen zur Verfügung stehen.
Bei den 33.867 untersuchten Männern wird in 304 Fällen (0,9%) auf ein mögliches Infarktgeschehen hingewiesen.Abb. 19 weist eine mit dem Alter zunehmende Häufigkeit möglicher Infarkte nach.

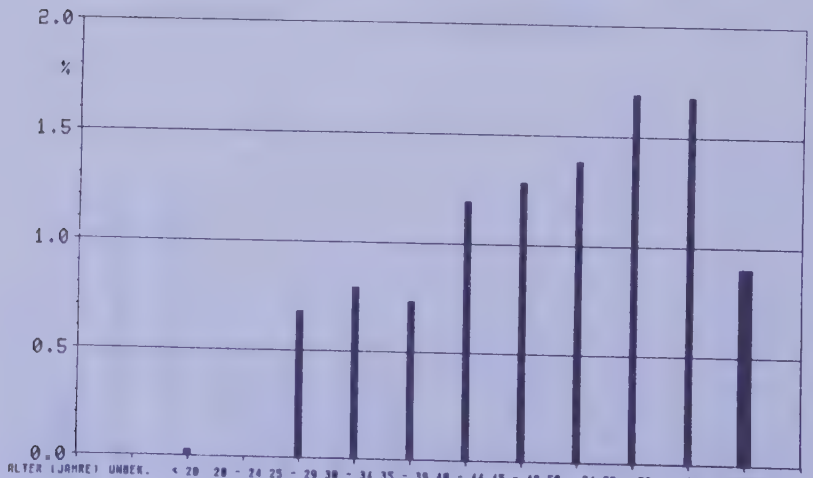
Abb. 19 mögliche Infarkte verschiedener Lokalisation

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 11.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION:
745 ANTEROLATERALINFARKT MOEGLICH
746 ANTEROSEPTALINFARKT MOEGLICH
747 HOHER LATERALINFARKT MOEGLICH
748 INF. HINTERWANDINFARKT MOEGLICH
750 MOEGLICHER VORDERWAND INFARKT



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		0.03	0.00	0.68	0.79	0.73	1.19	1.20	1.38	1.69	1.68	0.90
M	0	1	0	21	26	24	65	63	58	37	11	304
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3278	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.7 Das EKG bei Rhythmusstörungen

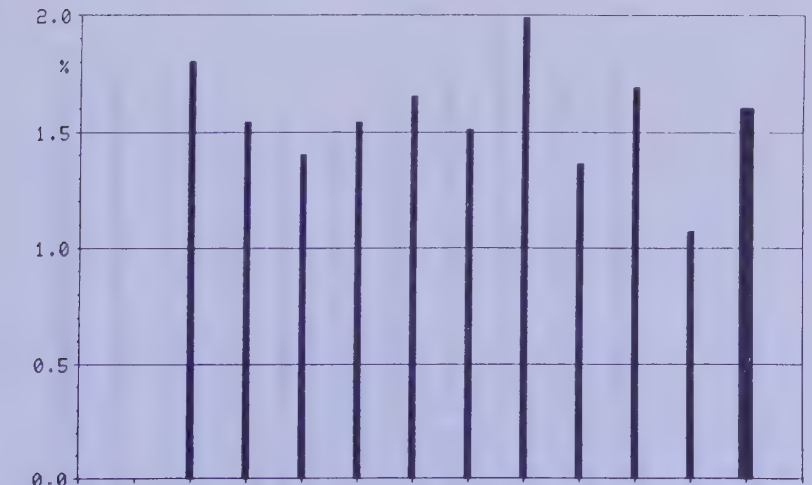
3.3.7.1 Sinustachykardie

Die Sinustachykardie ist eine Sonderform des Sinusrhythmus, wobei die Herzfrequenz über 100 Schläge in der Minute beträgt.
Die Aussage "Sinustachykardie" wird bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern in 543 Fällen (1,7%) erhoben. Abb. 20 zeigt, daß die Sinustachykardie bei den 10 untersuchten Altersgruppen zwischen 1% und 2% schwankt.

Abb. 20 Sinustachykardie

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82
GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867
POSITION: 003 SINUSTACHYKARDIE



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		1.80	1.54	1.40	1.54	1.65	1.51	1.99	1.36	1.69	1.07	1.60
N	0	60	55	43	51	54	83	98	55	37	7	543
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

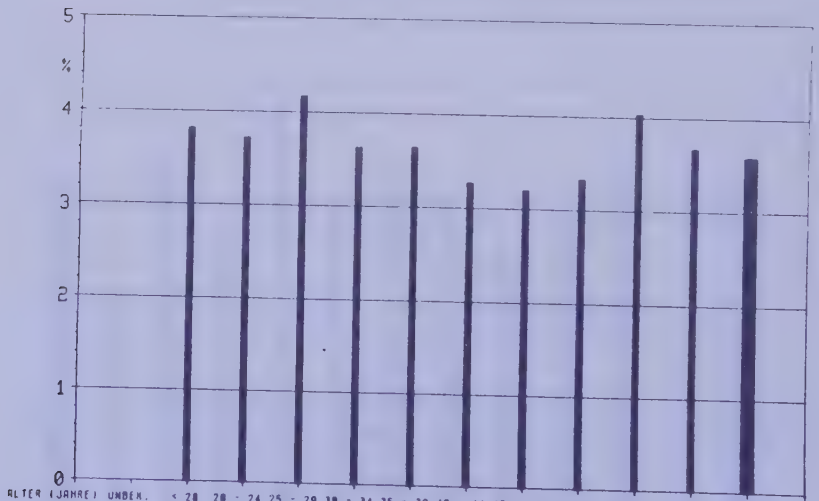
3.3.7.2 Sinusbradykardie

Das Bonner Programm erhebt die Aussage "Sinusbradykardie" bei den EKGs,wo ein normaler Sinusrhythmus bei einer Herzfrequenz zwischen 40 und 60 Schlägen in der Minute vorliegt.
Bei den 33.867 untersuchten Männern wird die Sinusbradykardie 1211 mal (3,6%) vorgefunden.
Bei den verschiedenen Altersgruppen schwankt die Häufigkeit dieser Aussage zwischen 3,2% und 4,2%.Häufigkeit und Verlauf der Sinusbradykardie sind in Abb. 21 dargestellt.

Abb. 21 (Wahrsch.) Sinusbradykardie

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82
GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867
POSITION: 005 (WAHRSCH.) SINUSBRADYKARDIE



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		3.81	3.72	4.16	3.63	3.64	3.27	3.20	3.33	4.03	3.67	3.58
N	0	127	133	128	120	119	179	158	135	88	24	1211
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.7.3 Sinusarrhythmie

Die Aussage "mit Sinusarrhythmie" stellt einen Befund dar,der in erster Linie im Rahmen der physiologischen Unregelmäßigkeit der Sinusfrequenz bei der Respiration erhoben wird.
In der Einatemphase nimmt die Herzfrequenz zu;zu Beginn der Ausatmung fällt die Frequenz plötzlich ab.
Atmungsunabhängige Sinusarrhythmien (beispielsweise beim Sick Sinus Syndrom) können ebenfalls zu diesem Diagnosehinweis führen.
Abb. 22 gibt die Häufigkeit und den altersmäßigen Verlauf der Aussage "mit Sinusarrhythmie" bei den 33.867 untersuchten Männern wieder.

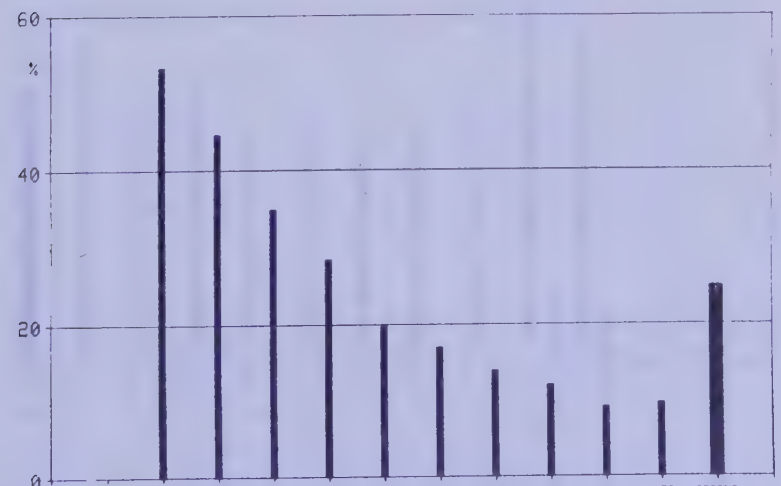
Abb. 22 mit Sinusarrhythmie

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 004 MIT SINUSARRHYTHMIE



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		53.08	44.54	34.85	28.27	19.72	16.99	13.96	11.99	9.11	9.63	24.75
N	0	1769	1592	1072	935	645	931	689	486	199	63	8381
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.7.4 Supraventrikuläre Extrasystolen

Die Aussage "mit (einer) supraventr. Extrasystole(n)"wird erhoben ,wenn in einem EKG der vorzeitige Einfall einer Vorhoferregung nachweisbar ist,wobei der Kammerkomplex im Regelfall normal geformt ist.
Das Vorkommen supraventrikulärer Extrasystolen schwankt bei den untersuchten Altersgruppen zwischen 1,8% und 3,1%.
Abb. 23 läßt Häufigkeit und Verteilung im einzelnen erkennen.

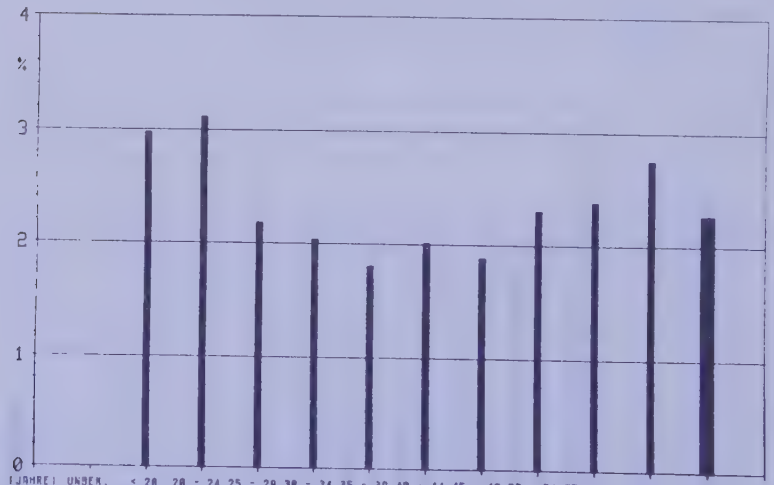
Abb. 23 mit (einer) supraventr. Extrasystole(n)

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 846 MIT (EINER) SUPRAVENTR. EXTRASYSTOLE (N)



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		2.97	3.11	2.18	2.03	1.80	2.01	1.88	2.30	2.38	2.75	2.27
N	0	99	111	67	67	59	110	93	93	52	18	769
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.7.5 Ventrikuläre Extrasystolen

Der Befund "mit (einer) ventr. Extrasystole (n)" wird durch das Computerprogramm bei vorzeitigem Einfall von Kammererregungen ausgedruckt,die im EKG durch grobe Deformierungen mit meist schenkelblockartigen Bildern erscheinen.
Die Aussage "mit (einer) ventr. Extrasystole(n)" kommt bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern 667 mal vor (2,0%).
Die Häufigkeit der EKGs mit ventrikulären Extrasystolen ist in den Altersgruppen unterhalb des 49. Lebensjahres in einer Größenordnung von unter 2% weitgehend stabil.
Oberhalb des 49. Lebensjahres nehmen die ventrikulären Extrasystolen an Häufigkeit zu und erreichen bei älter als 59-Jährigen ein Vorkommen von fast 6% (Abb. 24).

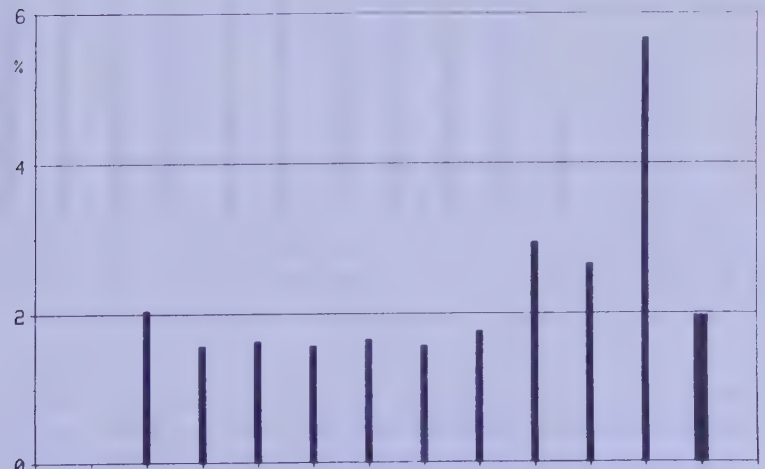
Abb. 24 mit (einer) ventr. Extrasystole (n)

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 058 MIT (EINER) VENTR. EXTRASYSTOLE (N)



ALTER (JAHRE)	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		2.04	1.57	1.63	1.57	1.65	1.57	1.76	2.94	2.65	5.66	1.97
N	0	68	56	50	52	54	86	87	119	58	37	667
BASIS FUER %	0	3333	3574	3076	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

3.3.7.6 AV-Block 1. Grades

Bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern tritt der AV-Block 1. Grades in 369 Fällen (1,1%) auf.Die folgende Abbildung gibt Häufigkeit und Verteilung dieser Diagnose bei den 10 untersuchten Altersgruppen wieder.

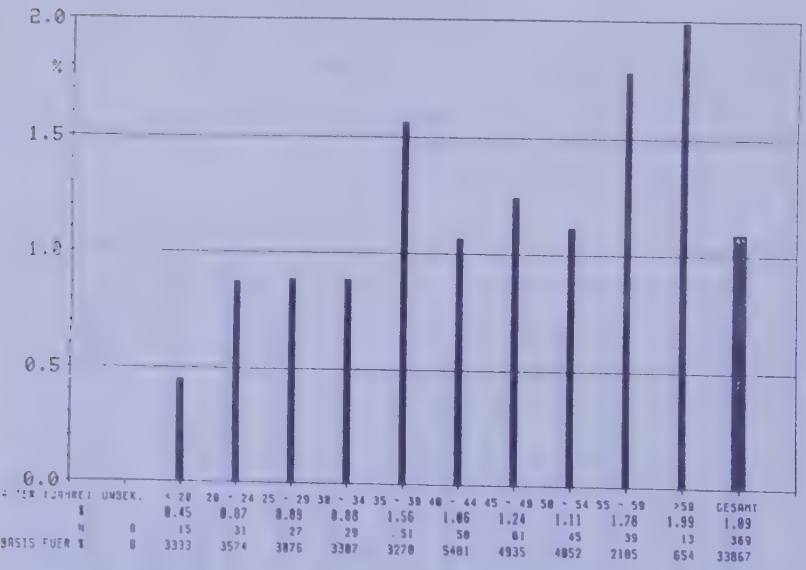
Abb. 25 zusätzlich AV-Block 1. Grades

EKG-AUSWERTUNG TUEV RHEINLAND

FACHBEREICH ARBEITSMEDIZIN FUER DEN ZEITRAUM: 01.01.79 - 30.09.82 ERSTELLUNGSDATUM: 05.10.82

GESCHLECHT: MAENNLICH ANZAHL EKGS: 33867

POSITION: 529 ZUSAETZLICH AV-BLOCK 1.GRADES



ALTER JAHRE	UNBEK.	< 20	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	>59	GESAMT
%		0.45	0.87	0.89	0.88	1.56	1.06	1.24	1.11	1.78	1.99	1.09
N	0	15	31	27	29	51	58	61	45	39	13	369
BASIS FUER %	0	3333	3574	3876	3307	3270	5481	4935	4052	2185	654	33867

Der Ausdruck der Aussage "zusätzlich AV-Block 1. Grades" durch das Bonner Programm wird bestimmt durch das Verhältnis von Herzfrequenz und PQ-Zeit.

Der Diagnosehinweis "zusätzlich AV-Block 1. Grades" wird zu den Rhythmusaussagen hinzugefügt,wenn eine der folgenden Bedingungen zutrifft:

1. Herzfrequenz größer 130 und PQ-Zeit größer 170 msek oder
2. Herzfrequenz zwischen 110 und 130 msek und PQ-Zeit größer 180 msek oder
3. Herzfrequenz zwischen 90 und 110 und PQ-Zeit größer 190 msek oder
4. Herzfrequenz zwischen 70 und 90 und PQ-Zeit größer 200 msek oder
5. Herzfrequenz kleiner 70 und PQ-Zeit über 210 msek.

IV. Diskussion

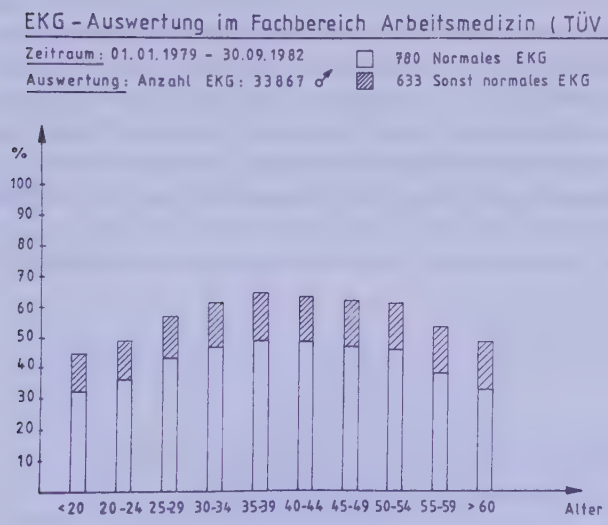
Der TÜV Rheinland verfügt durch die computergestützte EKG-Auswertung von 33.867 routinemäßig untersuchten Arbeitnehmern über ein EDV-gespeichertes EKG-Volumen, welches in dieser Größenordnung im arbeitsmedizinischen Fachbereich einzigartig ist. Ziel dieser Arbeit ist es, die Fülle der EKG-Einzelinformationen aus arbeitsmedizinischen Routineuntersuchungen unter dem Aspekt von Massenphänomenen aufzuarbeiten. Bei dieser Studie werden in Form von Histogrammverläufen Beziehungen zwischen Altersgruppen und EKG-Diagnosen bei routinemäßig untersuchten Arbeitnehmern gesucht.
Das Sortieren der EKG-Befunde nach Diagnosehinweisen zeigt zunächst, daß sich die elektrokardiographische Beurteilung des Großteils der 33.867 Arbeitnehmer auf etwa 2 Dutzend Diagnosehinweise konzentriert: 25 Diagnosehinweise von insgesamt 156 möglichen treten bei den EKGs in einer Häufigkeit von über 1 % auf.

Normalbefunde

Die häufigste Diagnose bei den untersuchten Männern ist die Aussage "Normaler Sinusrhythmus", deren gleichmäßiges Vorkommen bei allen 10 Altersgruppen im Bereich um 90 % auffällt. Es zeigt sich bei den 33.867 untersuchten EKGs, daß die Häufigkeit des normalen Sinusrhythmus keinen nennenswerten, altersmäßigen Schwankungen unterliegt.
Die zweithäufigste Diagnose im Rahmen des arbeitsmedizinischen EKG-Screenings stellt die Aussage "Normales EKG" dar. Es fällt auf, daß die Altersverteilung der Aussage "Normales EKG" keinen mit dem Alter abnehmenden Verlauf ergibt. Zugleich erweist sich die Höhe des prozentualen Vorkommens des "Normalen EKG" in einer Größenordnung von 31,6 % bis 49,0 % für ein routinemäßiges EKG-Screening als relativ niedrig.

Kleinere Untersuchungen an Arbeitnehmern konnten einen normalen Stromkurvenverlauf in durchschnittlich 75 % der untersuchten Fälle nachweisen (11).
Auch bei Verbindung der Aussagen "Normales EKG" und "sonst normales EKG" (Abb. 26) bleibt die Häufigkeit und Verteilung des normalen EKG-Befundes speziell im Jugendalter unter den Erwartungen.

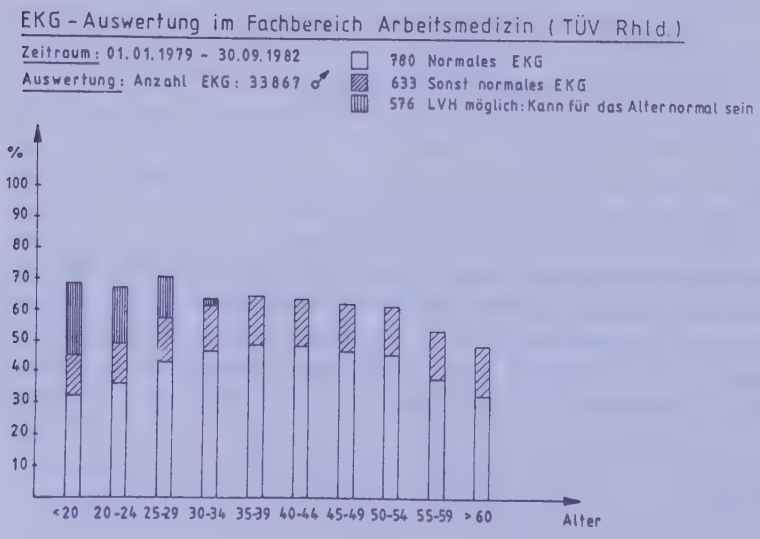
Abb. 26



Als Ursache für den Kurvenverlauf läßt sich nachweisen, daß speziell in EKGs jüngerer Männer häufig Befunde auftreten, die für das jugendliche Alter in vielen Fällen keinen pathologischen Aussagewert haben, die jedoch gleichzeitig den Ausdruck "Normales EKG" und "sonst normales EKG" unterdrücken.

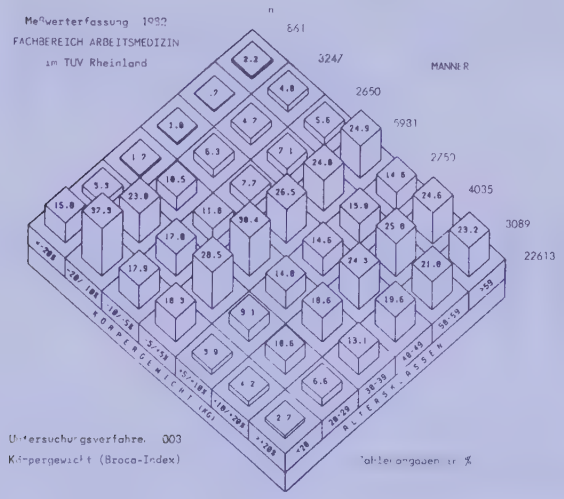
Hier sind z.B. die Aussagen "LVH möglich; kann für das Alter normal sein", "Herzachsenabweichung nach rechts" oder "inkompletter RSB" zu nennen.
Bei solchen EKG-Befunden, die sowohl im Rahmen krankhaften Geschehens als auch bei normalen kardiologischen Verhältnissen auftreten, unterdrückt das Bonner Programm zur Vermeidung falsch negativer Aussagen die Diagnosen "Normales EKG" sowie "sonst normales EKG". Diese zurückhaltende Beurteilung ist im Einzelfall sinnvoll, da unter Vermeidung falsch negativer Diagnosen dem kontrollierenden Arzt die letzte Entscheidung überlassen wird. Bei statistischen Betrachtungen ergeben sich jedoch Verzerrungen, weil zu viele EKGs in Überschneidungsbereichen nicht in den Normalbereich eingeordnet werden. Hieraus resultiert der konvexe Kurvenverlauf der Aussage "Normales EKG" bzw. "Normales EKG + sonst normales EKG", der nicht mit den ärztlichen Erwartungen übereinstimmt. Ergänzt man zu der Abbildung "Normales EKG" und "sonst normales EKG" die Aussage "LVH möglich; kann für das Alter normal sein", kommt man der biologisch zu erwartenden Altersverteilung deutlich näher (Abb. 27).

Abb. 27



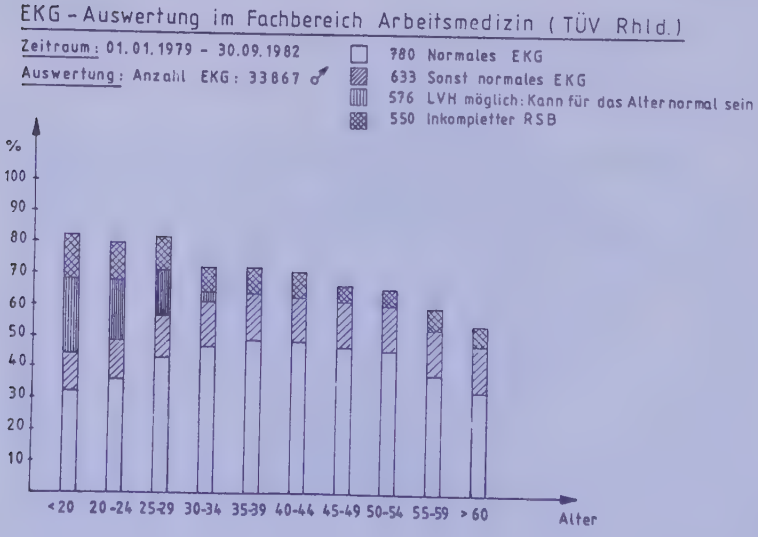
Das Hinzuziehen der Aussage "LVH möglich; kann für das Alter normal sein" zu den Normalbefunden ist gerechtfertigt: es ist davon auszugehen, daß z.B. von den fast 25 % der Männer unter 20 Jahren mit der obengenannten Aussage der weitaus größte Teil keine LVH aufweist. In diesem Alter kommt es vermehrt durch asthenischen Körperwuchs mit geringer Entfernung von rechter Herzkammer zur Thoraxoberfläche zu erhöhten QRS-Amplituden, welche den Ausschluß einer Linksherzhypertrophie erschweren. Eine Untersuchung von 22.613 männlichen Probanden (Abb. 28) des Fachbereiches Arbeitsmedizin des TÜV Rheinland belegt, daß der Broca-Index (Broca-Sollgewicht in kg = Körperlänge in cm minus 100) bei unter 20-Jährigen von etwa 70 % der jungen Männer um mehr als 5 % unterschritten wird. Bei den 20-30-Jährigen liegen ebenfalls noch über 45 % der Männer um mehr als5 % unter dem Broca-Sollgewicht. In den höheren Altersgruppen unterschreiten die Männer den Broca-Index zunehmend seltener.

Abb. 28



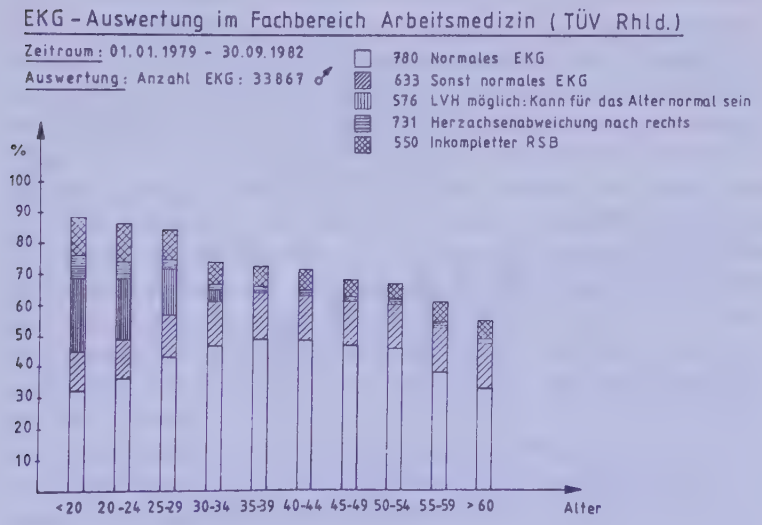
Bei dem dargelegten Grenzbereich der Kriterien ist zu überlegen, ob nicht zur Festlegung einer LVH neben der R-Amplitude ein Körpergröße-Gewicht-Quotient eingeführt werden kann, der den jeweiligen Konstitutionstyp des Probanden bei der Bewertung der R-Amplitude berücksichtigt. Dies wäre im Rahmen der automatischen EKG-Analyse keine Schwierigkeit, da bereits jetzt bei jedem Probanden Größe und Gewicht zu den Eingabedaten gehören.
In den folgenden 3 Histogrammen werden zu der Aussageverknüpfung "Normales EKG", "sonst normales EKG" und "LVH" möglich; kann für das Alter normal sein" nacheinander 3 weitere Diagnosehinweise additiv hinzugefügt. Dabei handelt es sich bei diesen Aussagen ebenfalls um Befunde, die häufig keinen pathologischen Aussagewert darstellen, zugleich jedoch die Aussage "(sonst) normales EKG" unterdrücken. Zunächst sei der inkomplette RSB ergänzt (Abb. 29).

Abb. 29



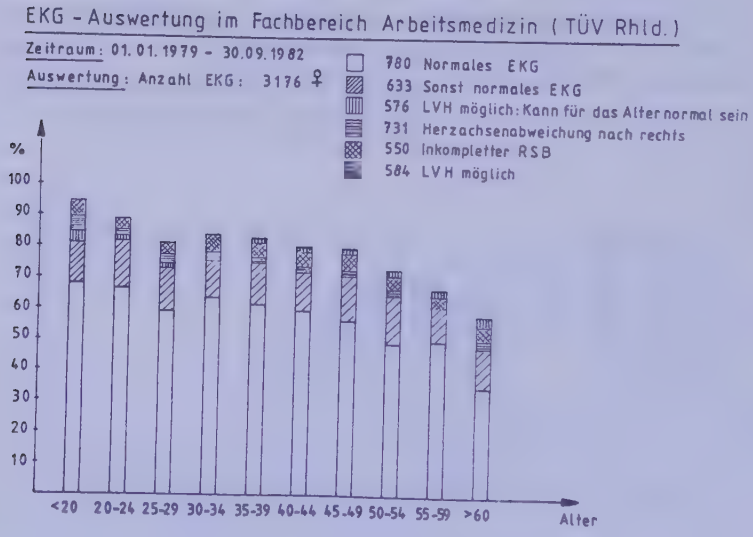
Der inkomplette RSB stellt oftmals eine bedeutungslose, geringfügige Erregungsausbreitungsstörung im Bereich des rechten Ventrikels dar, häufig bei vollkommen leistungsfähigen, vagotonen Herzgesunden (13).
Abb. 30 berücksichtigt zusätzlich die Aussage "Herzachsenabweichung nach rechts". Die "Herzachsenabweichung nach rechts" wird bei Jugendlichen und Asthenikern in vielen Fällen ohne Krankheitswert angetroffen (16).

Abb. 30



In Abb. 31 wird die Aussage "LVH möglich" zu den bisherigen Aussageverknüpfungen hinzugefügt. Der Diagnosehinweis "LVH möglich" wird in dieser Arbeit aufgrund des insgesamt geringen Vorkommens nicht als Einzelhistogramm dargestellt. Die Aussage "LVH möglich" kommt zustande bei Vorliegen hoher QRS-Amplituden ohne Nachweis weiterer Hypertrophiezeichen. Auch hier ist davon auszugehen, daß konstitutionsbedingte Ursachen einen Anteil falsch positiver Linkshypertrophien erzeugen.

Abb. 31



Die letzten 4 Histogramme sind sowohl von der Höhe der Prozentzahlen als auch vom Altersverlauf her mit den Vorstellungen über die Verteilung normaler EKG-Befunde bei arbeitsmedizinischen Screening-Untersuchungen gut in Einklang zu

bringen. Abb. 31 zeigt einen beständig abnehmenden Verlauf der additiv zusammengefaßten Diagnosehinweise von fast 90 % bei Männern unter 20 Jahren bis auf etwa 60 % bei älter 60-Jährigen. Dabei muß berücksichtigt werden, daß sicherlich in einigen Fällen hinter den möglichen Linkshypertrophien, inkompletten Rechtsschenkelblockierungen, Herzachsenabweichungen nach rechts wirklich pathologisch-kardiologische Befunde stehen. In vielen Fällen dürfte es sich jedoch bei Unterdrückung des Normalbefundes im Zusammenhang mit diesen Aussagen um falsch positive Entscheidungen handeln, so daß die letzten 4 Histogramme annähernd den tatsächlichen Häufigkeitsverlauf der unauffälligen Elektrokardiogramme widerspiegeln.
Die Histogrammverläufe verdeutlichen, daß das Bonner Programm (Version 2) bei der Zuordnung von Normalbefunden strenge Kriterien anwendet. In Grenzbereichen wird die Zuordnung fakultativ abnormer EKG- Befunde zu den Normal-EKGs unterdrückt, worauf im wesentlichen der konvexe Kurvenverlauf der Aussage "Normales EKG" beruht. Das strenge Vorgehen ist durchaus sinnvoll, da das Übersehen einer Herzkrankheit für den jeweiligen Menschen eine gesundheitliche Gefährdung darstellen kann. Andererseits wird deutlich, daß in Zukunft weitere Kriteriendifferenzierungen zur Trennung von normalen und abnormen EKGs gefunden werden müssen.
Auch sollte in absehbarer Zeit die Zuordnung von EKGs in den Normalbereich sowohl die Rhythmusanalyse als auch die Kurvenanalyse umfassen.
In der Version 2 des Bonner Programms bezieht sich der Normalbefund bisher nur auf den Bereich der Kurvenanalyse. Über die Dringlichkeit dieser Weiterentwicklung wurde bereits mit dem Programmanbieter IBM diskutiert.

Kurvenanalyse

Bei der Untersuchung der 33.867 Arbeitnehmer fällt ein gleichförmiges Vorkommen des unifaszikulären RSB bei den verschiedenen Altersgruppen im Häufigkeitsbereich von 2 % bis 3 % auf. Der unifaszikuläre RSB kommt klinisch vielfach bei rechtsventrikulärer Hypertrophie, bei rechtsventrikulärer Volumenbela-

stung oder in Folge einer Koronarsklerose mit ischämischer Schädigung des rechten Tawaraschenkels vor (13). Er kann bisweilen auch bei klinisch unauffälligen Herzen gefunden werden.

Eine Zunahme des unifaszikulären RSB mit dem Alter läßt sich bei der automatischen EKG-Analyse der 33.867 Arbeitnehmer nicht nachweisen.

Der Diagnosehinweis "inkompletter RSB" fällt bei den untersuchten Arbeitnehmern durch das häufige Vorkommen zwischen 6 % und 13 % auf sowie durch den abnehmenden Verlauf der Aussage mit zunehmendem Alter.

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, stellt der inkomplette RSB den ärztlichen Erfahrungen nach oftmals eine geringfügige Erregungsausbreitungsstörung im rechten Kammermyokard dar bei leistungsfähigen, vagotonen Herzgesunden (13).

Der Rückgang des inkompletten RSB mit zunehmendem Alter darf als Bestätigung für die oftmals geringe Bedeutsamkeit des inkompletten RSB angesehen werden.

Der inkomplette RSB kann auch Hinweis für ein abnormes kardiologisches Geschehen sein, z.B. als Zeichen für eine vermehrte Belastung des rechten Ventrikels.

Für die Zukunft drängt sich eine längerfristige Verlaufsbeobachtung von EKGs mit inkomplettem Rechtsschenkelblock auf, um zahlenmäßig zu klären, inwieweit der inkomplette RSB Vorbote pathologischer EKG-Befunde ist bzw. inwieweit er in einen normalen EKG-Befund ausläuft.

Diese Erkenntnisse sind von großer Bedeutung, da sich bei relativen Häufigkeiten des inkompletten RSB zwischen 12,9 % und 6,1 % solche prognostischen Fragestellungen häufig aufdrängen. Die generelle Unterdrückung normaler EKG-Befunde durch das Bonner Programm bei Vorliegen eines inkompletten RSB kann in diesem Zusammenhang weiter differenziert werden.

Die Veränderungen der T- und ST-Abschnitte erweisen sich bei der Untersuchung der 33.867 Arbeitnehmer als die häufigsten Zeichen einer Repolarisationsstörung im Kammermyokard. Kennzeichnenderweise nehmen die T- und ST-Veränderungen vor allem vom Ende des 3. Lebensjahrzehntes deutlich an Häufigkeit zu.

Im Rahmen von Verlaufsbeobachtungen muß in Zukunft geklärt werden, welche anderen Veränderungen bei EKGs mit T- oder ST-Veränderungen vermehrt nachweisbar sind.
Die Untersuchung der 33.867 Arbeitnehmer weist für die Herzachsenabweichung nach rechts und nach links einen fast spiegelbildlichen Verlauf auf. Die Herzachsenabweichung nach rechts nimmt von der Jugend zum Alter hin deutlich an Häufigkeit ab, während das Vorkommen der Herzachsenabweichung nach links mit zunehmendem Alter ansteigt. Beide Aussagen haben isoliert betrachtet einen beschränkten Aussagewert, da es sich je nach den Umständen sowohl um konstitutionsbedingte, physiologische Lagetypen als auch um pathologische Achsenstellungen handeln kann.
Die Herzachsenabweichung nach rechts kann physiologischerweise bei gesunden Jugendlichen mit schmalem Herzen vorkommen sowie häufig auch bei Rechtsherzüberlastung im Rahmen einer Mitralstenose oder bei Lungenemphysem.
Eine Herzachsenabweichung nach links findet man häufig bei Pyknikern mit Zwerchfellhochstand, bei Hypertonikern und bei Menschen mit Aortenvitien (16).
In Übereinstimmung mit den dargelegten Erfahrungen läßt sich bei den 33.867 Arbeitnehmern nachweisen, daß das relative Vorkommen der Linkshypertrophie bei EKGs mit einer Herzachsenabweichung nach links etwa doppelt so hoch ist wie im Vergleich zu den Gesamt-EKGs.
Die Rechtsherzhypertrophien kommen aufgrund der rechtsventrikulär verstärkten elektrischen Potentiale in Verbindung mit Herzachsenabweichungen nach rechts vermehrt vor. Dabei spielt die RVH bei einem Vorkommen von durchschnittlich 0,3 % bei den 33.867 Arbeitnehmern nur eine quantitativ untergeordnete Rolle.
Die LVH ist mit einem durchschnittlichen Vorkommen von fast 3 % relativ häufig. Die abnehmende Tendenz der LVH mit zunehmendem Alter steht dabei nicht im Einklang mit den ärztlichen Erwartungen. Wie für die Aussage "LVH möglich; kann für das Alter normal sein" bereits dargelegt, scheinen auch bei der Aussage "LVH" konstitutionsbedingte Ursachen einen ge-

wissen Anteil falsch positiver Linkshypertrophien vor allem bei jüngeren Jahrgängen zu erzeugen. Es ist anzunehmen, daß Amplitudenvergrößerungen der R-Zacken bei schlanken, jüngeren Menschen in einer Reihe von Fällen eine LVH vortäuschen.
Auf die Notwendigkeit der Überarbeitung der linksventrikulären Hypertrophiekriterien sei an dieser Stelle noch einmal hingewiesen.
Das Vorliegen von 288 Infarkt-EKGs (0,9 %) bei den 33.867 Arbeitnehmern stellt eine hohe Zahl dar, wenn man an die vitale Bedrohung denkt, die jede ischämische Erkrankung des Herzens darstellt. Die Wichtigkeit der Erfassung dieser Arbeitnehmer darf bereits als Rechtfertigung des EKG-Screenings in der Arbeitsmedizin angesehen werden.
Die Infarktverteilung entspricht den ärztlichen Erfahrungen: mit zunehmendem Alter nimmt die Häufigkeit der Infarktaussagen von unter 0,1 % bei Männern unter 24 Jahren bis auf über 2 % bei älter 59-Jährigen zu.

Rhythmusanalyse

Die Untersuchung der 33.867 Arbeitnehmer zeigt bezüglich der Sinustachykardie, daß die Häufigkeit dieser Aussage bei den 10 Altersgruppen ohne eindeutige altersmäßige Tendenz der Prozentzahlen zwischen 1 % und 2 % schwankt.
Der Histogrammverlauf der Sinustachykardie bei den 33.867 Arbeitnehmern unterstreicht die ärztliche Erfahrung, daß die Sinustachykardie in allen Altersgruppen auftritt und dabei ein unspezifisches Kriterium bei verschiedenen kardiologischen Grundprozessen darstellt.
Das Vorkommen der Sinustachykardie kann sich von vegetativer Labilität, hyperkinetischem Herzsyndrom, toxisch-medikamentös bedingten Ursachen (Koffein, Nikotin, Vagolytika, Nitrate etc.), Anämie, Herzinsuffizienz bis hin zum Myokardinfarkt erstrecken. In vielen Fällen stellt die Sinustachykardie einen Befund ohne pathologischen Aussagewert dar.
Ähnlich wie bei der Sinustachykardie läßt sich bei den unter-

suchten Männern für die Sinusbradykardie keine eindeutig zu- oder abnehmende Alterstendenz nachweisen. Die Sinusbradykardie schwankt bei den 33.867 Arbeitnehmern in einem Häufigkeitsbereich von 3,2 % und 4,2 %.

Die Sinusbradykardie hat erfahrungsgemäß in vielen Fällen keine pathologische Bedeutung; sie wird jedoch auch regelmäßig bei Myokarditis, Koronarinsuffizienz, Myokardinfarkt etc. angetroffen. Die Untersuchung der 33.867 Arbeitnehmer unterstreicht, daß die Sinusbradykardie als mögliches Begleitsymptom verschiedener Grundprozesse eine unspezifische altersmäßige Verteilung in der Häufigkeit aufweist.

Durch die Verlaufsbeobachtung der EKGs mit Sinusbradykardie und Sinustachykardie muß in zukünftigen Untersuchungen weiter quantifiziert werden, inwieweit sich solche Rhythmusaussagen als konstante Befunde wiederholen.

Der abnehmende Häufigkeitsverlauf der Sinusarrhythmie von über 50 % bei jünger 20-Jährigen bis auf unter 10 % bei älter 55-Jährigen ist überwiegend auf den Verlust der respiratorisch bedingten Sinusarrhythmie mit zunehmendem Alter zurückzuführen. Wie bereits erwähnt, stellt die respiratorisch bedingte Sinusarrhythmie eine sinnvolle Anpassung des Herzens an die Hämodynamik des während der Atmung wechselnden venösen Blutangebotes dar.

Die Untersuchung der Arbeitnehmer zeigt, wie diese Flexibilität des Herzens mit zunehmendem Alter nachläßt. Es sei erwähnt, daß unter der Aussage "mit Sinusarrhythmie" auch ein Sick Sinus Syndrom erscheinen kann, da das Bonner Programm die Arrhythmie bei Erkrankungen des Sinusknotens nicht von der physiologischen, atemabhängigen Arrhythmie unterscheidet. Diese Programmdifferenzierung sollte in Zukunft zur schärferen Abtrennung zwischen normalen und abnormen Befunden eingeführt werden.

Bei der Häufigkeitsverteilung der supraventrikulären Extrasystolien fällt auf, daß sie bei Arbeitnehmern im mittleren Alter von 35 - 49 Jahren mit einem Vorkommen von etwa 2,0% und darunter am seltensten auftreten. Jugendliche Arbeitnehmer zeigen

ebenso wie ihre älteren Kollegen eine stärkere Tendenz zu supraventrikulären Extrasystolien.
Hingegen ist die Häufigkeit ventrikulärer Extrasystolen in den Alterklassen bis zum 49. Lebensjahr in einem Bereich um 2% etwa konstant. Oberhalb des 49. Lebensjahres zeigt die Häufigkeit ventrikulärer Extrasystolen erwartungsgemäß eine altersmäßig zunehmende Entwicklung.

V. Zusammenfassung

In einem Zeitalter vermehrter Herz-Kreislauferkrankungen nimmt die EKG-Diagnostik in der Medizin einen breiten Raum ein. Dabei hat sich die automatische EKG-Analyse zu einer präzisen und kostengünstigen Alternative zur bisherigen manuellen Auswertung entwickelt.
Der TÜV Rheinland wertet alle EKGs, welche im Rahmen arbeitsmedizinischer Untersuchungen anfallen, mit dem IBM-EKG-Auswertungsprogramm von Dr. Bonner (Version 2) aus.
Im Zeitraum vom 01.01.1979 bis 30.09.1982 wurden in den Arbeitsmedizinischen Zentren des TÜV Rheinland insgesamt 33.867 EKGs von männlichen Arbeitnehmern computergestützt analysiert. Ziel dieser Arbeit ist es, die Fülle der EDV-gespeicherten EKG-Einzelinformationen einer Bestandsaufnahme zu unterziehen. Die gezielte Aufarbeitung der vielen EKG-Diagnosehinweise trägt zur Erkennung von Massenphänomenen in der Elektrokardiographie bei und kommt dadurch wiederum der kardiologischen Versorgung des einzelnen arbeitenden Menschen zugute.
Die 33.867 EDV-gespeicherten EKGs wurden zunächst durch ein speziell erstelltes Computerprogramm nach Diagnosehinweisen sortiert.
Zu jeder EKG-Aussage wurde die Verteilung anhand von 10 Altersgruppen in 5-Jahresabständen dargestellt. Die häufigsten Diagnosehinweise wurden in Histogrammform mit tabellarischer Legende geplottet.
Entsprechend dem Screening-Charakter der arbeitsmedizinischen Untersuchungen sind die Aussagen "Normaler Sinusrhythmus" und "Normales EKG" die häufigsten Befunde bei den 33.867 untersuchten Arbeitnehmern.
Das Vorkommen des normalen Sinusrhythmus zeigt eine auffallende Konstanz über alle Altersgruppen hinweg im Bereich von 90 %. Für den Diagnosehinweis "Normales EKG" ermittelt das Bonner Programm bei den untersuchten Arbeitnehmern einen konvexen Kurvenverlauf mit relativ niedrigen Häufigkeiten im Jugendalter.

Es zeigt sich, daß eine biologische Altersverteilung der Aussage "Normales EKG" erreicht wird, wenn die Diagnosehinweise "LVH möglich; kann für das Alter normal sein", "Herzachsenabweichung nach rechts" und "inkompletter RSB" additiv zu den normalen EKG-Befunden hinzugefügt werden.
Bei den genannten Hinweisen wird zur sicheren Vermeidung falsch negativer Diagnosen der Zusatz "Normales EKG" und "sonst normales EKG" bislang unterdrückt, obgleich diese Befunde im Jugendalter vielfach keinen pathologischen Aussagewert haben.
Die Version 2 des Bonner Programm bedarf in der Bewertung dieser Diagnosehinweise einer Weiterentwicklung, damit in der altersbezogenen Betrachtung keine Verteilungsverzerrungen auftreten.
Andererseits stellen die strengen Kriterien in der Normalbeurteilung von EKGs für die praktische Anwendung eine besondere Sicherheit dar, da das irrtümliche Einordnen von pathologischen Befunden in den Normalbereich weitgehend ausgeschlossen wird. Im Rahmen des allgemeinen Anwenderinteresses muß diese Einstellung des Bonner Programms als sinnvoll angesehen werden.
Für die Zukunft drängt sich die systematische Durchführung von EKG-Verlaufsbeobachtungen der bisher untersuchten Arbeitnehmer des TÜV Rheinland auf. Hiervon sind erstmalig an einer größeren Probandengruppe aus der Arbeitsmedizin Erkenntnisse über die Dynamik verschiedenster EKG-Befunde über einen längeren Zeitraum hinweg zu erwarten.

VI. Literaturverzeichnis

1. Ariet, M.; L.E. Crevasse:
Status Report on Computerized ECG Analysis
JAMA, 239 (12) 1201-2/1978

2. Bailey, J.J.; S.R. Itscoitz; L.E. Grauer:
A Method for Evaluating Computer Programs for Electrocardiographic Interpretation
I. Applikation to the Experimental IBM Programm of 1971
Circulation , Volume 50, 73-79, 1974

3. Bertrand, C.A.:
Computer Analysis of the Electrocardiogram
Am. J. Cardiol., Volume 38, 394-95, 1976

4. Bundesanstalt für Arbeit
Klassifizierung der Berufe
Systematisches und alphabetisches Verzeichnis der Berufsbenennungen
Stand: Dezember 1980

5. Caceres, C.A.; A.H. Rickli:
Diagnostic Computers
Charles C. Thomas, Springfield

6. Caceres, C.A.; M.M. Hochberg:
Performance of the Computer and Physician in the Analysis of the Electrocardiogram
Amer. Heart J., 79, 439-443, 1970

7. Caceres, C.A.:
Present Status of Computer Interpretation of the Electrocardiogram: A 20 Year Overview
Am. J. Cardiol., 41 (1) 121-5, 1978

8. Drazen, E.L.; E.F. Garneau:
Use of Computer-Assisted ECG Interpretation in The United States
Presented at the Computers in Cardiology Conference Geneva, 1978

9. Enderle, J.; M. Telerman; L. Pordy; K. Chesky: H. Jaffe:
Computer Interpretation of Electrocardiograms and Vectorcardiograms
Adv. Cardiol., vol. 16, 194-202, 1976

10. Garcia, R.; G.M. Brenemann; S. Goldstein:
Electrocardiogram Computer Analysis.
Practical Value of the IBM Bonner 2 (V2 MO) Program
J. Electrocardiol., 14 (3) 283-8, 1981

11. Giegler, I.; K. Grossmann; M. Knorre;
H.C. Reissmann; Ruebesam:
Erste Erfahrungen über den Einsatz der automatischen EKG-Analyse in einem Erfurter Großbetrieb
Z. gesamte Inn. Med., 32 (19), 293-94, 1978

12. Haas, J.:
Die Elektrokardiographie im TÜV Rheinland
Biomedical Journal, Heft 1, 4/1982

13. Heinecker, R.:
EKG in Praxis und Klinik
11. Aufl., Georg Thieme Verlag

14. Hofmann, H.; S. Perz:
Computer-Elektrokardiographie heute
Med. Klin. 77 (1982), Nr. 20

15. Hofmann, H.:
Methoden zur Überprüfung der diagnostischen
Wertigkeit von Computer- EKG-Programmen
Biomedical Journal, Heft 1, 4/1982

16. Holzmann, M.:
Klinische Elektrokardiographie
5. Auflage, Georg-Thieme-Verlag

17. Hulting, J.; P. Blomquist; M.E. Nygards:
Computer-based ECG Analysis in Myocardial Infarction
Acta Med. Scand., 201 (5), 439-47, 1977

18. IBM-EKG-Auswertungsprogramm (Version 2)
Anleitung für Ärzte

19. IBM Central ECG Management and Analysis System
and 5880 ECG Acquisition and Analysis System:
Physician's Guide

20. Kini, P.M.; E.E. Eddleman; H.V. Pipberger:
Electrocardiographic differentiation between left ventricular hypertrophy and anterior myocardial infarction
Circulation, 42, 875, 1970

21. Koenig, W.; E.J. Witzleb; U. Khatibnia:
Computerunterstützte EKG-Auswertung bei poliklinischen Patienten
Fortschr. Med. 99 Jg. (1981), Nr. 24

22. Lemmerz, A.H.; R. Schmidt; J. Kranemann:
Die Deutung des EKG
4. Aufl., Verlag G. Braun

23. Little, A.D.; E. Drazen:
Automated Electrocardiography in The United States
For Division of Health Care Information Systems and Technology
Under Contract 230-75-0212 (1976)

24. Meyer, J.; G. Platte; H.W. Stühlen; M. Rupp; A. Stelzer; S. Effert:
Computeranalyse des EKG bei klinisch und koronarographisch gesicherten Myokardinfarkten
Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med. , 81, 1691-4, 1975

25. Meyer, J.; K.W. Heinrich; W. Merx; S. Effert:
Computeranalyse des Elektrokardiogramms mit verschiedenen Programmen
I. Formanalyse
Dtsch. Med. Wochenschr., 99, 1213-23, 1974

26. Meyer, J.; S. Effert:
Die Problematik der Elektrokardiogrammauswertung durch Computer
Dtsch. Med. Wochenschr., 99, 1329-33, 1974

27. Meyer, J.; K.W. Heinrich; W. Merz; S. Effert:
Zuverlässigkeit der EKG-Interpretation verschiedener Computer-Programme im Vergleich zur ärztlichen Befundung
Verh. Dtsch. Ges. Kreisl.-Forsch., 38, 334, 1972

28. Michaelis, J.; J. Dudeck:
Computeranalyse des Elektrokardiogramms
II. Programmsysteme zur automatischen EKG-Auswertung
Klin. Wschr. 49, 729-738 (1971)

29. Murray, R.G.; A.R. Lorimer; F.G. Dunn; P.W. Mac Farlane; J. Hutton; T.D. Lawrie:
Comparsion of 12-lead and computer assisted 3 orthogonal lead electrocardiogram in coronary artery disease
Br. Heart J., 38, 773-8, 1976

30. Neufeld, H.N.; P.H. Sive; E. Riss:
The Use of Computerized ECG Interpretation System in Epidemilogic Studies
Vortrag auf der 7. Intern. Biomedical Conference Hannover 1970

31. Pipberger, H.V.; R.J. Arms; F.W. Stallmann:
Automatic screening of normal and abnormal electrocardiograms by means of a digital electronic computer
Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 106, 130-2, 1961

32. Rautaharju, P.M. et al.:
Tasc Force III: Computers in Diagnostic Electrocardiography
Am. J. Cardiol., 41 (1) 158-70 (1978)

33. Rautaharju, P.M.:
The Impact of Computers on Electrocardiography
Eur. J. Cardiol., 8 (2) 237-48 (1979)

34. Rienhoff, O.:
Die Entwicklung der automatischen EKG-Analyse (Ansätze und Verfahren)
aus Cardiologisches Bulletin Heft 10/11, 1975
Verlag für Medizin

35. Rübesamen, M.; K. Großmann; H.C. Reissmann; W. Gleiser; R. Regel; I. Giegler; G. Kassel; A. Kuhlmann:
Vergleich der Aussagefähigkeit der automatischen EKG-Analyse nach den Diagnoseprogrammen von Smith und Pipberger anhand einer Reihenuntersuchung in einem Großbetrieb
Z. ges. inn. Med., Jahrgang 33 (1978), Heft 10

36. Schäcke, G.; G. Henning; J. Witt:
Die Bedeutung des EKG in der Arbeitsmedizin
Herz/Kreislauf 9, Nr. 6 (1977) 375-381

37. Schaefer, H.; M. Blohmke:
Epidemiologie der koronaren Herzkrankheiten
aus dem Handbuch der Sozialmedizin Bd. 2
Verf. M. Blohmke, Chr. von Färber
Ferdinand Enke Verlag

38. Simonson, E.; N. Tuna; N. Okamoto; H. Toshima:
Diagnostic Accuracy of the Vectorcardiogram
and Electrocardiogram
Am. J. Cardiol., 17, No. 6, 829-78, 1966

39. Stallmann, F.W.; H.V. Pipberger:
Automatic recognition of electrocardiographic
waves by digital computer
Circul. Res., 9, 1138 (1961)

40. Statistisches Bundesamt
Statistisches Jahrbuch für die BRD
Verlag Kohlhammer (1977)

41. Steinberg, C.A., S. Abraham, C.A. Caceres:
Pattern recognition in the clinical electrocar-
diogram IRE Trans. bio.-med., Electronics, 9,23

42. Valentin, H.:
Arbeitsmedizin
Lehrbuch in 2 Bänden
Georg Thieme Verlag 1979

43. Willems, J.L.:
Computer ECG Analysis: A Review
Acta Cardiologica, Supplementum XXVI, 1981,11-17

44. Zywietz, Chr.
EKG-Lern- und Testkollektive, eine Voraussetzung für den Computereinsatz bei der Auswertung von Elektrokardiogrammen
Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschg. 40, 389-391

Anhang: mögliche EKG-Diagnosehinweise des Bonner Programms Version 2

EKG-AUSWERTUNG TUEV-RHEINLAND
P O S I T I O N S T E X T E

POS.	T E X T
CC2	NORMALER SINUSRHYTHMUS
CC3	SINUSTACHYKARDIE
004	MIT SINUSARRHYTHMIE
CC5	(WAHRSCH.) SINUSBRADYKARDIE
CC7	VORHOFFLIMMERN, VERDACHT AUF AV-BLOCK
CCE	VORHOFFLIMMERN
C09	VORHOFFL.,AV-BLOCK?KRITERIEN. M. INTRAV. LS C. IDIOVENTR. RHYTH.
C13	TIEFSITZENDER VORHOF- ODER AV-KNOTEN-RHYTHMUS
C14	SUPRAVENTR. TACHYKARDIE
C15	AV-RH./AV-TACHYK./NORM.SR MIT VERLAENG. PQ + TF-UEBERLAGERUNG
C16	KAMMERRHYTH. O. AV-RHYTHMUS MIT VENTR. LEITUNGSSTOERUNG
C17	VERDACHT AUF KAMMERRHYTHMUS
C18	AV-TACHYKARDIE
C19	SUPRAVENTR. TACHYK.;VORHOFFLATTERN M. 2:1-UEBERL. IN BETR. Z.
C21	VORHOFFLIMMERN-FLATTERN
C2E	VERD. AUF KAMMERTACHYK.(VENTR. OD. SUPRAVENTR. MIT ABERRATION)
C4C	VORHOFFLATTERN
C4E	MIT (EINER) SUPRAVENTR. EXTRA-SYSTOLE (N)
C47	MIT (EINER) SUPRAVENTR. EXTRA-SYSTOLE (N), TEILS MIT ABERRANZ
C49	MIT (EINER) SUPRAVENTR. EXTRA-SYSTOLE (N) MIT ABERRANZ
C5C	MIT (EINER) VENTR. EXTRASYS-TOLE (N)
C51	MIT (EINER) SUPRAVENTR. EXTRA-SYSTOLE (N) MIT ABERRANZ
C52	MIT (EINER) SUPRAVENTR. EXTRA-SYSTOLE (N)
C5E	MIT (EINER) VENTR. EXTRASYS-TOLE (N)

EKG-AUSWERTUNG TUEV-RHEINLAND
P O S I T I O N S T E X T E

POS.	T E X T
C61	MIT (EINER) VENTR. KOMBINA-TIONSSYSTOLE (N)
C62	MIT (EINER) AV-ERSATZSYSTOLE(N)
C63	MIT SA-BLOCK ODER INTERMITTIE-RENDEM AV-BLOCK
C64	MIT VERSPAET. (ERSATZ-)SYSTOLE UNBEKANNTEN URSPRUNGS
C65	MIT INTERMITTIERENDER VENTR. TACHYKARDIE
071	AV-BLOCK 2. GRADES, TYP I (WENCKEBACH)
C75	WECHS. P-KONFIG./EKT. VORHOF-R. /MULTIFOK. VORHOFTACHYKARDIE
077	TOTALER AV-BLOCK
C7E	VERDACHT AUF AV-UEBERLEITUNGS-STOERUNG
C79	AV-BLOCK 2. GRADES, TYP II (MO-BITZ) IN BETRACHT ZIEHEN
C81	MIT INTERMITTIERENDER ABERRAN-TER VENTR. LEITUNG
C83	MIT SA-BLOCK ODER INTERMITTIE-RENDEM AV-BLOCK
C85	MIT SINUSARREST ODER INTERMIT-TIERENDEM AV-BLOCK
C8E	ELEKTRON. SCHRITTMACHER
C87	DEMAND-SCHRITTMACHER, KEINE WEITERE RHYTHMUSANALYSE
C9E	UNBESTIMMB. RHYTHMUS/LEITER-LEITUNGSSTOER.? VORHOFFLATTERN?
501	ATYPISCHES WPW-SYNDROM
502	WPW-SYNDROM TYP A
503	WPW-SYNDROM TYP B
52C	KONGENITALE DEXTROKARDIE
521	ARMELEKTRODEN VERTAUSCHT
52E	ZUSAETZLICH AV-BLOCK 1.GRADES
529	ZUSAETZLICH AV-BLOCK 1.GRADES
53C	LSB

EKG-AUSWERTUNG TUEV-RHEINLAND
P O S I T I O N S T E X T E

POS.	T E X T
531	UEBERDREHTER LINKSTYP
532	LSB IN BETRACHT ZIEHEN
533	WPW-SYNDROM TYP E ODER LSB IN BETRACHT ZIEHEN
545	RSB (UNIFASZIKULAER)
547	RSB, ZUSAETZLICH RVH MOEGLICH
548	RSB, ZUSAETZLICH POST. HINTERWANDINFARKT
55C	INKOMPLETTER RSB
551	RSR" IN V1, MOEGLICHERWEISE DURCH ELEKTRODENLAGE BEDINGT
552	INKOMPLETTER RSB, ANDEUTUNG FUER RVH
56C	RSR" IN V1 ODER V2
57C	VERGROESSERUNG LINKER VORHOF
574	VERGROESSERUNG RECHTER VORHOF
576	LVH MOEGLICH; KANN FUER DAS ALTER NORMAL SEIN
577	LVH MIT UEBERLASTUNG
578	LVH IN BETRACHT ZIEHEN
579	LVH MIT UEBERLASTUNG IN BETRACHT ZIEHEN
58C	LVH MIT UEBERLASTUNG ODER DIGITALISEFFEKT
581	LVH MIT UEBERLASTUNG ODER DIGITALISEFFEKT MOEGLICH
582	LVH MIT UEBERLASTUNG MOEGLICH
583	LVH
584	LVH MOEGLICH
585	LVH MOEGLICH
60C	POST. HWI IN BETRACHT ZIEHEN
601	POST. HWI IN BETR. ZIEHEN; RVH IST NICHT AUSZUSCHLIESSEN
602	RECHTSVERSCH. TRANS.;NORMALBEF. (II+);HWI NICHT AUSZUSCHLIESSEN
603	RECHTSVERSCH. TRANS.;NORMALBEF. (II+);RVH NICHT AUSZUSCHLIESSEN

EKG-AUSWERTUNG TUEV-RHEINLAND
P O S I T I O N S T E X T E

POS.	T E X T
61C	RVH
611	RVH MOEGLICH
612	VORSICHT! SCHWERE RVH KANN RECHTSPRAEK. E-ZACKEN VERURS.
613	RVH IN BETRACHT ZIEHEN
614	RVH MIT UEBERLASTUNG MOEGLICH
615	RVH MIT UEBERLASTUNG
62C	QS-KOMPL. IN BWA EHER ANZEICHEN EINER HYPERTR. ALS EINES VHI
621	ANTEROSEPTALINFARKT NICHT AUSZUSCHLIESSEN
63C	INTRAATRIALE LEITUNGSSTOERUNG
631	ERHOEHTE P-AMPLITUDE
632	UNGEWOEHNLICHE P-ACHSE
633	SONST NORMALES EKG
64C	NIEDERVOLTAGE VON QRS IN DEN EXTREMITAETENABLEITUNGEN
641	NIEDERVOLTAGE VON QRS IN DEN BRUSTWANDABLEITUNGEN
65C	LUNGENERKRANKUNG IN BETRACHT ZIEHEN
651	LUNGENERKRANKUNG MIT COR PULMONALE IN BETRACHT ZIEHEN
67C	KURZES QT, DEUTET AUF DIGITALIS HYPERKALZIAEMIE AUSZUSCHLIESSEN
671	LANGE QT-ZEIT, DEUTET AUF ELEKTROLYTSTOERUNG OD. MEDIK. HIN
677	INF.-LAT. ISCHAEMIE MOEGLICH
678	INF. ISCHAEMIE ODER LINKSHERZ-UEBERLASTUNG MOEGLICH
679	LAT. ISCHAEMIE ODER LINKSHERZ-UEBERLASTUNG MOEGLICH
68C	UNSPEZIFISCHE T-VERAENDERUNGEN
681	HOHE T-WELLEN IN BWA, HYPERKALIAEMIE IN BETRACHT ZIEHEN
682	INF. ISCHAEMIE MOEGLICH
683	LAT. ISCHAEMIE MOEGLICH

EKG-AUSWERTUNG TUEV-RHEINLAND
P O S I T I O N S T E X T E

POS.	T E X T
684	ANTEROSEPT. ISCHAEMIE
685	ANTEROLAT. ISCHAEMIE
686	VORDERWANDISCHAEMIE
687	T-WELLEN-VERAENDERUNGEN
700	AK. INF. LAESION IN BETR. ZIEH. /ST-HEBUNG EVT. AUCH DURCH RSB
701	AUSGEPRAEG. ST-SENKUNGEN, INNENSCHICHTLAESION IN BETR. ZIEHEN
702	ST-VERAENDERUNGEN, DIGITALISEFFEKT IN BETR. ZIEHEN
703	UNSPEZIFISCHE ST-VERAENDERUNGEN
704	ST-VERAENDERUNGEN, KURZES QT, WAHRSCHEINL. DIGITALISEFFEKT
705	ST-HEBUNG, PERIKARDITIS IN BETRACHT ZIEHEN
706	AK. INF. LAESION MOEGLICH
707	AK. LAT. LAESION MOEGLICH
708	AK. POST. LAESION MOEGLICH
709	AK. ANTEROSEPT. LAESION MOEGLICH
710	FRUEHE REPOLARISATION O. AKUTE ANTEROLAT. LAESION MOEGLICH
711	AKUTE ANTEROLAT. LAESION MOEGLICH
712	AK. VORDERWANDLAESION MOEGLICH
713	AK. ANTEROSEPT. LAESION MOEGL., LWH KANN J-HEBUNG BEDINGEN
720	RSB+WAHRSCH. LINKSANT. HEMIBL.+ PQ VERLAENG.,TRIFASZ. BL.(III+)
721	RSB + WAHRSCH. LINKSANT. HEMIBLOCK (BIFASZ. BLOCK)
722	UEBERDREHTER LINKSTYP,LINKSANT. HEMIBLOCK(III+)(UNIFASZ. BLOCK)
723	RSB + LINKSANT. HEMIBLOCK + PQ VERLAENG.,TRIFASZ. BLOCK(III+)
724	RSB + LINKSANT. HEMIBLOCK (BIFASZ. BLOCK)
725	UEBERDREHTER LINKSTYP,LINKSANT. HEMIBLOCK WAHRSCH.(UNIFASZ. BL)

EKG-AUSWERTUNG TUEV-RHEINLAND
P O S I T I O N S T E X T E

POS.	T E X T
726	INKOMPLETTER RSB + LINKSANT. HEMIBLOCK
728	RSB + LINKSPOST. HEMIBLOCK + PQ VERLAENG.,TRIFASZ. BLOCK (III+)
729	RSB + LINKSPOST. HEMIBLOCK (BIFASZ. BLOCK)
730	HERZACHSENABWEICHUNG NACH LINKS
731	HERZACHSENABWEICHUNG NACH RECHTS
732	UNGEWOEHNL. ELEKTR. HERZACHSE
733	INTRAVENTR. LEITUNGSSTOERUNG
734	INTRAVENTR. LEITUNGSSTOERUNG MOEGLICH
735	DEUTLICHE QRS-VERBREITERUNG
736	WEIT. EKG-KONTROLLEN EMPFOHLEN
740	VORDERWANDINFARKT
741	ANTEROLATERALINFARKT
742	ANTEROSEPTALINFARKT
743	HOHER LATERALINFARKT
744	INF. HINTERWANDINFARKT
745	ANTEROLATERALINFARKT MOEGLICH
746	ANTEROSEPTALINFARKT MOEGLICH
747	HOHER LATERALINFARKT MOEGLICH
748	INF. HINTERWANDINFARKT MOEGLICH
749	ANTEROLATERALINFARKT IN BETRACHT ZIEHEN
750	ANTEROSEPTALINFARKT IN BETRACHT ZIEHEN
751	HOHEN LATERALINFARKT IN BETRACHT ZIEHEN
752	INF. HINTERWANDINFARKT IN BETRACHT ZIEHEN
753	AKUTER INFARKT WAHRSCHEINLICH
754	INFARKTALTER UNBESTIMMBAR
757	ANTEROSEPTALINFARKT IN BETRACHT ZIEHEN

EKG-AUSWERTUNG TUEV-RHEINLAND
P O S I T I O N S T E X T E

POS.	T E X T
75E	MOEGLICHER VORDERWAND INFARKT
76C	FRISCHEN ANTEROLAT.-INFARKT IN BETRACHT ZIEHEN
761	FRISCHEN ANTEROSEPTALINFARKT IN BETRACHT ZIEHEN
762	FRISCHEN LATERALINFARKT IN BETRACHT ZIEHEN
763	FRISCHEN INF. HINTERWANDINFARKT IN BETRACHT ZIEHEN
77C	KURZE PQ-ZEIT
78C	NORMALES EKG

Lebenslauf

Name:	Dirk Wenzel
Geburtsdatum:	06.04.1959
Geburtsort:	Recklinghausen
Staatsange- hörigkeit:	deutsch
Vater:	Josef F. Wenzel Ltd. Regierungsgewerbedirektor
Mutter:	Gisela Wenzel, geb. Hiller
Schulzeit:	Grundschule von 1964 - 1968 Gymnasium von 1968 - 1977 in Düren Erwerb der allg. Hochschulreife am 14.06.1977
Studium:	Medizinische Fakultät der Universität Köln medizinische Vorklinik von 1977-1979 Physikum am 13.09.1979 erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung 15.09.1980 zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung 03.09.1982 Ärztliche Prüfung am 18.10.1983 Zweithörer an der Universität Düsseldorf vom Sommersemester 1981 bis Wintersemester 1982/83
Tätigkeit:	seit dem 1.1.1984 beschäftigt als Assistenzarzt in der Abteilung für Anästhesie und Intensiv- medizin am St. Josef Krankenhaus in Troisdorf